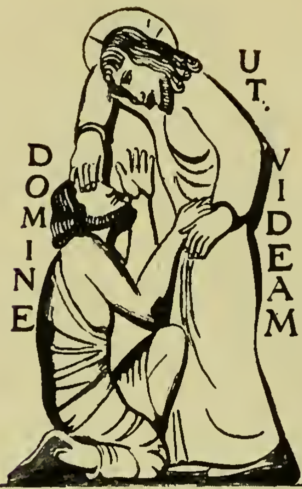

DOMINE
UT.
VIDEAM

# UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

# PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

# UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

**ERSTER BAND.**

# UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

# PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

# UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

---

**ERSTER BAND.**

---

MIT 4 HOLZSCHNITTEN UND 7 LITHOGR. TAFELN.

**HEIDELBERG.**

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

# Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge.

Von **W. Kühne.**

Durch die gütigen Bemühungen eines befreundeten Arztes ist mir die kaum erwartete Gelegenheit geworden, menschliche Augen von so vollkommener Erhaltung zu untersuchen, dass ich mit grösserer Sicherheit als früher (Heft 1, S. 35) die Verbreitung des Sehpurpurs in denselben zu bestimmen vermochte. Der Tod der etwa 40jährigen, an Lungenphthisis leidenden Patientin war Nachts in einem unbeleuchteten Zimmer eingetreten und ich erhielt die im Natronlichte exstirpirten Bulbi am andern Mittage nach sorgfältigster Conservirung derselben in Eis.

Die Cornea zeigte keine nennenswerthe Trübung und das ganze sehr schwach pigmentirte Auge mit zarter Sklera und blauer Iris war so durchsichtig, dass man von vorne den Hintergrund mit der Papille und den Gefässen vortrefflich sehen konnte, wenn es gegen die Natronflamme gerichtet wurde. Dem entsprechend schimmerte bei umgekehrter Stellung und passender Entfernung der Flamme deren Bild deutlich durch die Sklera.

Nach Halbirung der Augen im Aequator gelang die vollständige Entleerung des Glaskörpers leicht, und unter Salzwasser gebracht erschienen die Hintergründe vollkommen glatt, ohne Plicae centrales, während man bei kurzer Beleuchtung mit der Gasflamme den gelben Fleck und die Fovea centralis schwach

angedeutet erkennen konnte. Ebenso meine ich bei der ausserordentlich geringen Pigmentirung dieser Augen eine durch den Sehpurpur bedingte Nuancirung des hellbräunlichen Grundes in situ wahrgenommen zu haben, der Art, dass die Fläche nach dem Abheben der Netzhaut auffällig weniger röthlich erschien. Nach Behandlung der Papille mit dem Locheisen liessen sich die Retinae zwar ohne Risse und pigmentfrei, aber nicht so leicht wie gewöhnlich an Leichenaugen abziehen. Auf ein grosses Deckglas ziemlich glatt ausgebreitet zeigten sie vortreffliche Purpurfarbe, etwa so, wie die Netzhaut des Kaninchens. Am gelben Flecke und in der ausserordentlich deutlichen Fovea war keine Spur von Röthe zu erkennen und im Umkreise von etwa 2 Mm. um die Macula war die Purpurfärbung auffällig schwach.

Erst bei der mikroskopischen Betrachtung zeigte sich, wie ausserordentlich vollkommen die zartesten Elemente der Netzhaut erhalten waren, denn es fand sich nicht nur an der Fovea keine Substanzlücke, sondern es war hier die Mosaik der feinsten, dichtgedrängten, langen Zapfen und weiterhin die der von Stäbchen umkränzten Zapfen in der Macula mit solcher Schärfe zu sehen, wie dieses in *Max Schultze's* bekannter Abbildung dargestellt ist.

Im Beginne der Beobachtung, welche in möglichst gedämpftem Tageslichte vorgenommen wurde, waren auch nur wenige Krümmungen und Hirtenstabformen an den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen zu bemerken. Selbstverständlich erschien die gelbe Färbung der vorderen Netzhautschichten der Macula bei dieser Art der Betrachtung sehr ausgeprägt, mit schärferer Begrenzung gegen die Fovea, als gegen die äusseren Theile. In der Fovea war davon nichts wahrzunehmen. Während man an den aufgerichteten Stäbchen der peripheren Netzhauttheile den Purpur auch mikroskopisch vollkommen zu erkennen vermochte, war es nicht möglich, irgend welche Färbung an der Fovea zu constatiren. Die Betrachtung der Stäbchenflächen im gelben

Flecke führte zu keinem recht entscheidenden Urtheile, weil die gelbe Unterlage störte, aber ich kann auf das bestimmteste angeben, dass die Stäbchenaussenglieder der äusseren, noch gelben und vollends der nächst äusseren, vorher kaum als gefärbt erkennbaren Regionen, roth erschienen, als durch Zerren mit der Nadel Falten auf der Fläche erzeugt waren, an denen viele solche Stäbchen übereinander geschichtet auf der Seite lagen. Eine Falte, die mitten durch die Fovea und die centralen Theile der Macula gefallen war, liess dort aber kein Roth auftauchen. Wo das Letztere überhaupt zum Vorschein kam, verschwand es, wie der übrige Sehpurpur, bei längerer, schwacher Belichtung, indem es zunächst in gelbliches Chamois überging.

Am vorderen Abschnitte der Bulbi fand ich die Grenze des Purpurs, wie früher, in diesem Falle 3—4 Mm. hinter der Ora serrata und die Pars ciliaris natürlich frei von entsprechender Färbung.

Grüne Stäbchen, wie die von *Boll* im Froschauge entdeckten, waren in der menschlichen Netzhaut nicht zu finden, ebensowenig graue oder farblose zwischen den rothen, denn wo nur ein farbloses Element in den röthesten Theilen zum Vorschein kam, war dasselbe nach aussen, an dem geringeren Durchmesser und bei tieferer Einstellung, an der Gestalt des Innengliedes als ein zwischen den Stäbchen stehender Zapfen zu erkennen.

Nach diesen Beobachtungen dürfte die für die ganze Thierreihe gültige Thatsache der Abwesenheit des Sehpurpurs in den Zapfen auch für das Auge des Menschen unzweifelhaft sein. Dagegen wird es erneuerter Untersuchungen bedürfen, um festzustellen, ob in der Macula lutea, wenigstens nahe der Fovea, nicht echte Stäbchen ohne Purpur vorkommen, eine Frage, welche auch für die dem blossen Auge farblos erscheinende Zone an der Ora serrata noch der Beantwortung harrt. In unserem Falle war es für die letztere Untersuchung, während des Aus-

messens am Lichte, leider zu spät geworden. Wie im Vogelauge um intensiv und lichtbeständig pigmentirte Zapfen gruppirt, purpurfreie Stäbchen vorkommen, so könnten sich solche auch beim Menschen hinter dem nicht bleichungsfähigen, gelben Schirme der Macula finden, wenigstens da, wo derselbe kurzwelliges Licht am vollkommensten ausschliesst. So bevorzugten Stäbchen könnte dann auch für die Vermittlung farbiger, wenigstens dem rothen Spectraltheile entsprechender Empfindung, etwas von der Bedeutung zukommen, welche man, nach den jetzt am Menschenauge festgestellten Verhältnissen, wohl allgemeiner (vergl. S. 93) unbedenklich den purpurlosen Zapfen zuschreiben wird.

Heidelberg, den 21. April 1877.

# Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen.

Von **W. Kühne.**

Am 24. d. M. war ich abermals in der Lage, frische menschliche Augen von gleicher Conservirung, wie die in der vorigen Mittheilung beschriebenen, zu erhalten. Die 22 Jahre alte Patientin war am Tage zuvor Mittags einem Ileotyphus erlegen; 10 Minuten vor dem Tode war das Krankenzimmer verdunkelt und es war in die wiederum an der Natronflamme exstirpirten Augen kein Licht gefallen, bis dieselben einen Tag später, 10 Uhr Morgens zur Untersuchung kamen. Während einer längeren Reise war die Eisconservirung mit Hülfe einer zweckmässig construirten Eisbüchse, die für den Zweck in transportabeler Gestalt angefertigt war, fortgesetzt worden.

An den Augen war die graugrünliche Iris durch die klare Cornea noch scharf zu erkennen, ebenso die helle Scheibe des eintretenden Sehnerven, wenn man von vorn gegen die Natronflamme blickte; dagegen war bei der ziemlich starken Entwicklung des Pigmentes nichts von den Gefässen des Augengrundes zu bemerken, obwohl die Flamme nach Umkehrung des Auges ihr Bild deutlich auf der hinteren Skleraflächeverzeichnete. Beim Eröffnen des ersten Auges durch den Aequatorialschnitt schlüpfte die hintere Retinahälfte mit einem grossen Theile des Glaskörpers heraus, indem sie in ziemlich weitem Umkreise um die Papille

und den gelben Fleck abriss; bei dem andern Auge gelang das Herausnehmen besser, aber in keiner Weise war es möglich, die vom Pigmentepithel leicht ablösbaren Netzhäute vom Glaskörper zu befreien: jedes kleinste Stückchen blieb hartnäckig an einem Klumpen des letzteren hängen, ein eigenthümliches Verhalten, das sich auch an 2 Tage feucht in der Zimmerwärme aufbewahrten Proben nicht änderte.

Den Purpur dieser Augen fand ich ausserordentlich blass, in der Aequatorialgegend geradezu hell lila, wie stark verdünnte, aber unbelichtete Purpurlösungen aus der Retina von Dunkelfröschen aussehend, während die Färbung im Hintergrunde, unweit der Macula lutea besser entwickelt war. Ob die Allgemeinerkrankung diesen mir neuen Zustand bedingte, ob die Effecte der Belichtung 10 Min. vor dem Tode durch die epitheliale Regeneration nicht mehr verwischt werden konnten: diese und andere sich aufwerfende Fragen vermag ich nicht zu beantworten; aber ich darf darauf aufmerksam machen, dass die letztere Auffassung nicht wohl zu vereinen ist mit der intensiveren Färbung der Gegend des Augengrundes, in welcher Reste von Optogrammen eher zu vermuthen waren, als in dem ganzen Umfange des aequatorialen Ringes, wenn man nicht die Annahme machen will, dass die Epithelfunction am Aequator zuerst erloschen sei. Uebrigens war der Purpur auch an den best gefärbten Stellen so wenig entwickelt, dass er bei der mikroskopischen Untersuchung wohl kenntlich, aber doch nicht deutlich genug erschien, um hinreichende Gegensätze gegen die purpurfreien Stellen der Fovea und des centraleren Theiles der Macula darbieten zu können. Einen grossen Theil der Netzhäute habe ich daher zur Anstellung von Bleichungsversuchen verwendet, in Ermangelung unbedeckten Sonnenlichtes nicht im Spectrum, sondern bei Gaslicht, hinter den pag. 64 u. 65 dsr. Unters. beschriebenen farbigen Lösungen, wozu eben die schwache Retinafärbung besonders geeignet schien.

Im Blau-Violet sah ich den Purpur schon nach 8 Min. nahezu, nach 12 Min. vollkommen verschwinden, im Grün nach 20 und 25 Min.; im Roth war die Differenz gegen ein gleichfarbiges, im Dunkeln zur Controle aufbewahrtes Retinastück erst nach 3 Stunden bemerkbar, nach 5 Stunden der Uebergang in helles Chamois sehr deutlich, und erst nach 8 Stunden war hier die Farbe vollkommen gewichen. Unterschiede im Verhalten des menschlichen Sehpurpurs zum farbigen Licht gegenüber dem der übrigen Wirbelthiere sind hiernach kaum wahrscheinlich.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Netzhäute gelang es nur an dem ersten Auge, wo der betreffende Lappen im Augengrunde haften blieb, die Macula mit der Fovea heil und glatt in die feuchte Kammer zu bringen, während die andere Netzhaut in der Fovea einen Substanzverlust von ovaler Gestalt erlitt. An beiden Augen überraschte mich die sehr geringe Ausdehnung der gelben Färbung, die nur etwa die Hälfte der in den früher untersuchten Augen beobachteten zu betragen schien, und während ich früher die ganze Fovea im Gegensatze zu *M. Schultze*'s colorirter Abbildung, in flacher Ausbreitung, von hinten gesehen nicht erkennbar durch die vorderen Retinaschichten gelb tingirt finden konnte, erstreckte sich hier das Gelb bis fast in's Centrum, so dass höchstens ein Kreis, dessen Durchmesser etwa 10—12 Zapfen einnahmen, sich ganz ungefärbt zeigte. Dazu fand sich noch ein Unterschied, indem in der ganzen Ausdehnung des gelben Fleckes und sogar dessen Peripherie etwas überschreitend, nur eine Art dicht gedrängter Elemente zu sehen war, nämlich, wie ich nicht zweifle, nur Zapfen. Erst im Umkreise der Macula, wo keine Spur von Gelb mehr zu sehen war, begannen die bekannten Figuren der in einiger Entfernung um die Zapfen gestellten Stäbchenkränze. An den letzteren fiel mir ausserdem auf, dass die Durchmesser der cylindrischen Aussenglieder geringer waren, als die der Zapfen, und zwar auch dann

noch, wenn man auf einen ziemlich weit hinter der Basis der conischen Zapfenaussenglieder gelegenen optischen Querschnitt einstellte. Ebenso auffällig war der etwa gleich starke Durchmesser der Zapfenenden mitten in der Fovea.

Es ist nicht festzustellen, ob die letztgenannten Abweichungen etwas mit der typhösen Erkrankung zu schaffen haben, was hinsichtlich der Zapfendicke und der Verbreitung des gelben Pigmentes ja denkbar ist; dass aber die Anordnung der Stäbchen und Zapfen, wie ich dieselbe bis jetzt gefunden, individuelle Differenzen beim Menschen in der Construction der lichtempfindlichen Retinaschichten aufdeckt, dürfte nicht bezweifelt werden.

Bei der geringen allgemeinen Purpurfärbung der beschriebenen Augen war auf deren Unerkennbarkeit im hinteren Umfange der Ora serrata, die mir hier wieder begegnete, kaum Gewicht zu legen und vollends musste ich darauf verzichten, die Abwesenheit des Purpurs durch mikroskopische Betrachtung der nach rückwärts aufgerichteten Stäbchen dieser Retinagegend zu constatiren. Indess habe ich nicht versäumt mir diese Theile in dem günstigen, frischen Zustande genauer anzusehen, den das Aussehen der trotz ihrer Vergänglichkeit wohl erhaltenen Zapfen überall sicherte, und ich muss sagen, dass mich der Stäbchenreichthum sowohl, wie die Menge der freilich im Baue modificirten, zapfenartigen Gebilde an der Ora serrata einigermassen überraschte. Wenn ich bisher an den menschlichen Augen im Allgemeinen eine mehrere Millimeter breite Zone hinter der Ora ganz purpurfrei fand, so kann ich nach den eben genannten Beobachtungen nicht mehr zweifeln, dass dies nicht auf Stäbchenarmuth, sondern auf Mangel an Purpur in den reichlich vorhandenen Stäbchen beruht.

Zu meinem Bedauern wurden Messungen der Fovea und des gelben Fleckes, welche zu anderen Untersuchungen weitere Verwendung fanden, in diesem, wie in den früheren Fällen versäumt

und ich muss mich darum auf die Angabe beschränken, dass an den hier besprochenen Augen, ganz abgesehen von der Ausbreitung der gelben Färbung, die Entfernung der ersten Stäbchenkränze vom Centrum der Fovea gerechnet, gewiss das Doppelte, wenn nicht mehr betrug, als an der in der vorigen Mittheilung geschilderten Retina. Wie ich selbst suchen werde, bei künftigen Gelegenheiten diesen Mangel zu ersetzen, so werden hoffentlich andere Beobachter, welche öfter das Glück haben, frische menschliche Augen zu untersuchen, gern ihre Aufmerksamkeit auf die jetzt sehr zu vermuthenden häufigeren, individuellen Unterschiede im Baue des wichtigsten Theiles unserer Netzhaut richten.

Heidelberg, den 22. Mai 1877.

# Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse.

Von Dr. med. **Max Knies.**

---

Die chemische Analyse der menschlichen Linse in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien, speciell die Kernbildung, ist bis jetzt eigentlich noch nie Gegenstand ernsterer Untersuchung gewesen. Und doch liegt die Wichtigkeit einer Kenntniss derselben für viele physiologische und pathologische Vorgänge so auf der Hand, dass es unnöthig wäre, weitere Worte darüber zu verlieren.

Während die bisherigen Versuche neben der schwierigen Beischaffung des nöthigen Materials hauptsächlich daran scheiterten, dass eine Verunreinigung, mit Blut besonders, nicht zu vermeiden war, wenn ohne die Kapsel extrahirte Linsen verwendet werden sollten (vergl. *Becker*, Graefe-Sämisch's Handbuch der Augenheilkunde IV. pag. 197), ist eine irgend erhebliche Menge menschlicher Linsen mit der Kapsel fast gar nicht zu erlangen. Andere als menschliche Linsen zu verwenden, verbot aber der Umstand, dass zur genügenden Kernbildung ein gewisses absolutes Alter erforderlich ist, das von den zu Gebote stehenden Versuchsthieren nicht erreicht wird. Nachdem aber durch *Kühne's* Methode der Verdauung die einer chemischen Analyse der Linsenkerne im Wege stehenden Hindernisse, soweit sie auf der angegebenen Verunreinigung des Materials beruhen,

eliminirt sind, habe ich auf Veranlassung dieses meines verehrten Lehrers eine chemische Untersuchung der Substanz des Linsenkernes unternommen.

Das Material hierzu bestand in ca. 150 ohne die Kapsel extrahirten cataractösen Linsen, die von Professor *Förster* in Breslau extrahirt und durch die Güte von Professor *Cohnheim* ebendaselbst in den Besitz von Prof. *Kühne* gelangt waren; sie waren in Alkohol aufbewahrt worden. Da die Aufbewahrungsflüssigkeit möglicherweise öfters gewechselt worden war und die Bestandtheile des Linsenkernes eben nur vermuthet werden konnten, so wurde von einer quantitativen Analyse abgesehen. Zudem war durch die Aufbewahrung in Alkohol eine Bestimmung des ursprünglichen Gewichtes und des Wassergehaltes unmöglich geworden.

Die Linsenkerne wurden nach völliger Erschöpfung mit Alkohol und darauf mit Aether in Wasser einmal aufkochen gelassen, um die Verdauung zu erleichtern, die durch einen etwaigen Aethergehalt des Materials etwas erschwert worden wäre. Sowohl der Alkohol-, als auch der Aetherauszug war quantitativ sehr unbedeutend; ersterer bestand wesentlich aus sogenanntem Myelin, letzterer vorwiegend aus Fett, zum Theil in Krystallen. Die so charakteristischen Cholestearinkrystalle fehlten in beiden vollständig.

Am 5. Juni wurden die so behandelten Linsen Morgens um $^1/_2$ 10 Uhr mit 100 Cubikcentimeter Salzsäure von 0,2 $^0/_0$ und 1 Cubikcentimeter Pepsinglycerin bei 40 $^0$ C. der Verdauung unterworfen. Am 6. Juni Morgens waren die Corticalisreste alle gelöst; es blieben die jetzt alle ziemlich gleich grossen und gleichmässig braun gefärbten Kerne übrig. Die überstehende Flüssigkeit wurde klar abgegossen und die Linsen von Neuem mit 100 Cubikcentimeter Verdauungsgemisch behandelt. Da bis Nachmittags 4 Uhr keine wesentliche Veränderung zu bemerken

war, so wurden die Kerne im Porzellanmörser möglichst zerrieben, was bei der Härte derselben ziemlich schwierig war.

Die wieder in den Verdauungsapparat zurückgebrachte Masse zeigte sich am 7. Juni früh Morgens bis auf einen unbedeutenden flockigen Niederschlag völlig gelöst. Zur Erleichterung .der Trennung von Flüssigkeit und Niederschlag liess man letztern nach dem Erkalten erst völlig absetzen und filtrirte dann. Die Flüssigkeit gab die Reactionen des Peptons und unterschied sich in Nichts von einer durch Eiweissverdauung erhaltenen Peptonlösung. Der Niederschlag, der grösstentheils amorph war und nur spärliche Reste veränderter, aber noch kenntlicher Linsenfasern enthielt, wurde auf dem Filter gut ausgewaschen und dann mit einer Sodalösung von $^1/_2$ % behandelt. Es löste sich hierbei der grösste Theil des Niederschlages auf und beim Ausäuern ergab sich erst beim ziemlichen Ueberschuss von Essigsäure ein flockiger Niederschlag, der demnach in seinem Verhalten dem sogenannten Nucleïn entsprach. In wie weit in demselben auch Mucin enthalten war, liess sich bei der geringen Menge und dem Mangel an entscheidenden Reactionen natürlich nicht feststellen. Mikroskopisch war der Niederschlag völlig amorph und eine etwaige Wägung wäre bei der geringen Menge voraussichtlich resultatlos geblieben und wurde deshalb auch nicht vorgenommen.

Bekanntlich war die bisher allein versuchte Erklärung über die Kernbildung die, dass derselben eine Verhornung, eine Umwandlung in Keratin entspreche (vergl. *Becker* l. c. pag. 263). Es stützte sich diese Meinung hauptsächlich auf theoretische Speculationen und auf die Analogie in Aussehen und sonstigem Verhalten mit der Epidermis, mit der ja die Linse genetisch völlig identisch ist. Die vorliegende Untersuchung hat aber nachgewiesen, dass die Substanz des Linsenkernes nicht Keratin sein kann, dass dieselbe vielmehr eiweissartiger Natur ist. Freilich

zeigt sie gewisse Unterschiede im chemischen Verhalten andern Eiweissstoffen gegenüber, doch sind dieselben nur von secundärer Bedeutung und können diese Thatsache nicht umstossen. Ob die erwähnten Verschiedenheiten auf blos mechanischem Wasserverlust beruhen, oder ob sie vielleicht etwa einer Anhydridbildung entsprechen, welch Letzteres gewisse Wahrscheinlichkeiten für sich hat, lässt sich einstweilen nicht entscheiden.

Die Zusammensetzung der Linse im Alter wird demnach mit Ausnahme des Wassergehaltes, wie qualitativ, so auch quantitativ nicht sehr verschieden sein von der, die *Berzelius* seiner Zeit für die menschliche Linse gefunden hat (cf. *Frey*, Histologie pag. 279), wenn man die dort gefundenen 2,4 $^0/_0$ Filterrückstand („die Wände der Linsenröhren") mit zu den Eiweissstoffen rechnet.

Dem histologischen Verhalten nach müssen wir annehmen, dass die Umwandlung des Globulins in einen, in den gewöhnlichen Lösungsmitteln schwerer, wenn nicht unlöslichen, Eiweisskörper an der Peripherie der Linsenfasern beginnt, sich zuerst als Membranbildung darstellt und erst später den ganzen Inhalt der Linsenröhren ergreift. Ob hierbei auch die Kerne der Linsenfasern chemisch sich verändern, liess sich leider nicht eruiren. Die Menge des erhaltenen Nucleïns war eben zu gering, um Schlüsse zu erlauben. Ein Controlversuch mit ungefähr dem gleichen Volum Schweinslinsen, die wesentlich noch aus Globulin bestanden, liess in Betreff der Menge des Essigsäureniederschlags in der Sodalösung aus dem Verdauungsrückstand der Schätzung nach keinen merklichen Unterschied erkennen; demnach muss die Frage, ob in den Fasern des Kernes noch Nucleïn enthalten sei, offen gelassen werden, wenngleich die Wahrscheinlichkeit für dies Verhalten zu sprechen scheint.

Das Hauptresultat dieser Arbeit besteht also in dem Nachweise, dass die Substanz des Linsenkernes nicht, wie man bisher

allgemein annahm, Keratin, sondern ein Eiweissstoff sei, der sich wesentlich nur in seinen Löslichkeitsverhältnissen von den übrigen Proteïnkörpern unterscheidet. Da auch die Linsenkapsel, wie von *Ewald* und *Kühne* nachgewiesen wurde, einen Eiweisskörper und nicht elastische Substanz enthält, so besteht das ganze Linsensystem mit Ausnahme der überall vorhandenen Extractivstoffe und anorganischen Salze im Wesentlichen aus Körpern der Eiweissgruppe.

# Das Sehen ohne Sehpurpur.

Von W. Kühne.

Die purpurfreien Netzhäute vieler Vögel und Reptilien bezeugen die Möglichkeit des Sehens ohne Sehpurpur und dass Theile der Netzhaut ohne Purpur sehen, beweist das Sehvermögen der Zapfen, welche nirgends purpurhaltig sind. Dass wir ausserdem alles Sichtbare ohne Betheiligung unseres Netzhautpurpurs sehen können und gewohnt sind zu sehen, beweist die gänzliche Abwesenheit des Purpurs in der Fovea centralis und in deren nächster Umgebung im gelben Flecke des menschlichen Auges und da wir diese Theile zum Fixiren gebrauchen, wobei bekanntlich nicht nur Lichtintensitäten fein unterschieden und in der Empfindung localisirt werden, sondern auch sämmtliche Farben mit Einschluss von Schwarz und Weiss zur Wahrnehmung kommen, so wissen wir, dass allen Anforderungen, welche wir an ein Sehorgan stellen können, genügt wird ohne den Purpur.

Man könnte hiernach an der wesentlichen Bedeutung des Sehpurpurs in den Stäbchen für das Sehen zweifeln und vollends die Hypothese unwahrscheinlich finden, nach welcher die photochemischen Bleichungsprodukte des Purpurs die Bedeutung chemischer Reize für das Opticusende im Sinnesepithel haben und um so mehr Bedenken dagegen hegen, als es bei den Vögeln auch Stäbchen ohne Purpur gibt, welche doch gewiss sehen. Im Sinne der Hypothese den Purpur, wo er vorkommt, für das ausschliess-

liche actinische Reizmittel in den Stäbchen zu halten, ist schon wegen der geringen Veränderlichkeit des Farbstoffes im äussersten violetten, ultravioletten und rothen Lichte kaum statthaft. Es ist mir zwar bei bedeutender Intensität gelungen, mit dem reinen Roth und Orange ohne Gelb den Purpur nicht nur isolirter Froschnetzhäute, sondern auch am lebenden Frosche vollkommen zu bleichen, allein man muss wegen der Langsamkeit der Entfärbung wol zweifeln, ob dieselbe bei der prompten und intensiven Empfindung in Frage komme, welche uns der Reiz des Roth, ganz abgesehen von der farbigen Wahrnehmung, welche die Zapfen vermitteln dürften, erzeugt. Ungefärbte, actinische S e h r e g e r, die hier neben den farbigen anzunehmen wären, welche vornehmlich auf die beiden Endfarben des Spectrums reagiren, würden zudem in den Stäbchen in der günstigen Lage sein, gerade dasjenige Licht zu empfangen, das der Purpur am wenigsten absorbirt. Abgesehen von der Wahrscheinlichkeit der photochemischen Erregungshypothese im Allgemeinen hat deren specielle Annahme auf Grund des actinischen Verhaltens des Sehpurpurs so viel Einladendes, dass ich sie beizubehalten gedenke bis sich entweder vollgültige Beweise dafür, oder damit ganz unvereinbare Thatsachen finden. Es sind auf die Hypothese so viele Hoffnungen zu setzen und sie verspricht noch im Falle der Widerlegung so fruchtbar zu werden, dass ihr nur Freunde, wie Gegner in gleichem Maasse zu wünschen sind, die letzteren besonders, um sie vor dem Schicksale zu bewahren, im Zustande des Problems für mehr als dieses genommen zu werden. Ich will es darum selbst nicht unterlassen auf Grund von Thatsachen eine Gegenhypothese anzudeuten.

Indem ich nach purpurreichen Sehorganen suchte und die grossen Sehstäbe des Flusskrebses vornahm, fand ich deren Färbung zu meiner Ueberraschung in so geringem Grade lichtempfindlich, dass bei diesem Auge jeder Gedanke an Verallgemeine-

rung der bis jetzt am Sehpurpur der Wirbelthiere festgestellten Vorgänge schwinden musste. Ich fand den Purpur hier entsprechend der Beschreibung und Abbildung *M. Schultze*'s violetter oder bläulicher, als den irgend eines Wirbelthieres: selbst recht intensiv oder dunkel gefärbte Stäbe erschienen mehr purpurviolet, als die in dieser Beziehung am meisten ausgezeichnete Farbe der Eule. Da unter dem Miskroskope an der Färbung, trotz bester Belichtung, in Stunden keine auffällige Abnahme zu bemerken war, so dass ich auf den Gedanken kam, dass die immer seitlich mit schwarzem Pigment behafteten, farblosen Schichten, welche sich zwischen die purpurnen Platten drängen, diese fortwährend regenerirten, versuchte ich die Bleichung durch übermächtiges Sonnenlicht und nach sonstigen Einwirkungen, von denen ich annehmen konnte, dass sie den Regenerator vernichteten. Erwärmen auf 35—40° C. hob die Färbung nicht auf, verlieh ihr jedoch auch keine Vergänglichkeit im Lichte; bei 47° C. begann Entfärbung im Dunkeln und ebenso wirkte gesättigte NaCl-Lösung. Hieraus allein erhellt schon die Verschiedenheit des Farbstoffes von dem der Wirbelthiere. Abgestorbene und übelriechende Krebse boten nach dem Liegen in der Sonne noch die schönsten Stäbchenfärbungen dar, ebenso an der Sonne eingetrocknete, wieder befeuchtete und weiter besonnte mikroskopische Präparate des Augeninhaltes. Aus 24 Krebsaugen gelang es so viel der weichen Masse zu entleeren, dass der Versuch des Auflösens in farbloser Galle zu machen war. Es ging freilich eine schwarze Tinte durch das Filter, aber das Pigment setzte sich in einem Tage so vollkommen zu Boden, dass ich eine schön violette Lösung klar abheben konnte. Die Operation war überflüssiger Weise im Dunkeln gemacht worden, denn die Lösung konnte durchaus nicht für lichtempfindlich gelten. Ich will zwar nicht sagen, dass die Farbe nach mehrtägigem Stehen im Freien unter gelegentlichem

Sonnenscheine nicht etwas verloren hätte, aber sie blieb doch noch in der stark gefaulten und getrübten Flüssigkeit sehr kenntlich, und als ich die Glycocholsäure mit wenig Essigsäure ausfällte, färbte sich der Niederschlag hellviolet und blieb so während einiger Tage. An den mikroskopischen Stäbchenpräparaten glaubte ich nach mehrstündiger Einwirknng der Sonne, namentlich wo weniger schwarzes Pigment die Stäbe umgab, etwas Abblassen in Lila zu bemerken: an eine irgendwie auffällige Lichtempfindlichkeit war aber auch dabei nicht zu denken. Krebse, die ich lebendig ganze Tage im hellen Sonnenlichte gehalten hatte, zeigten endlich keine schwächer gefärbten Stäbe und hier war auch intensives farbiges Licht ohne Wirkung. Man wird nach diesen Beobachtungen vermuthen müssen, dass bei vielen Wirbellosen eine nicht lichtempfindliche Stäbchenfärbung vorkomme, und ich muss bekennen, dass mir erst nach dieser Erfahrung das lange Verborgenbleiben der Lichtempfindlichkeit des Sehpurpurs verständlich wird, da fast alle Beobachter des Vertebratenpurpurs mit den Erinnerungen an lichtbeständige Farben Wirbelloser an die Arbeit gingen. Die leichtere chemische Zerstörbarkeit der letzteren dürfte auch den Gedanken zuerst erweckt haben, dass das Schwinden der Retinafärbung zu den Vorgängen des Absterbens zähle.

Unter der Voraussetzung, dass die Sehstäbe der Wirbellosen und deren aus Plättchen gebauter, bei vielen Species gefärbter Antheil morphologisch und physiologisch den purpurnen Stäbchen der Wirbelthiere vergleichbar sei, kann die Indolenz der Farbe gegen Licht zu der Vorstellung führen, dass man auch den wahren Sehpurpur seiner Function nach für einen der vielen, farbiges Licht absorbirenden Stoffe halten müsse, womit wir das Auge in so auffälliger Weise ausgestattet finden, und dass er demnach dem gelben Pigmente in der macula lutea, den farbigen Oeltropfen bei Vögeln und Reptilien, der oft sehr

entwickelten, gelben Linsenfärbung mancher Fische, sowie dem lebhaft orangefarbenen Protoplasma, das jüngst Dr. Ewald in einer der vorderen Zellenlagen der Cornea vom Flussbarsch entdeckte, anzureihen wäre. Dem Sehpurpur bliebe mit dieser Annahme nur darin etwas Besonderes vorbehalten, dass er zugleich eine Art Adaption für das Licht, und in ganz hervorragender Weise, für farbiges Licht vermittelte. Die Eigenthümlichkeit des Purpurs in zwei Stadien zersetzt zu werden, indem zunächst Sehgelb entsteht, aus welchem erst fortgesetzte Belichtung das vollkommen farblose Sehweiss erzeugt, und die Eigenschaft des kurzwelligen Lichtes, das letztere Product am leichtesten herbeizuführen, würden der Betheiligung dieses veränderlichen, farbigen Schirmes eine grosse Mannigfaltigkeit zuweisen. Indem die totale Zersetzung des Purpurs dasselbe erzeugt, wie starke Verdünnung der farbigen, das Stäbchenaussenglied tränkenden Lösung und den Durchgang des Violet, neben Roth durch die Reste unzerlegten Purpurs besonders begünstigt, der Anfang der Bleichung aber, weil er Sehgelb erzeugt, grade den Durchgang von Violet und Blau einschränkt, ohne das Roth zu hemmen, begreift man, wie der wechselnde Farbenschirm nicht allein bald für diese, bald für jene Farbe angreifbarer wird, sondern auch bald mehr von der einen, bald mehr von der andern durch das Stäbchen fallen lässt, in welchem dann noch weitere Wirkungen auf andere lichtempfindliche Stoffe möglich würden. So viel ich sehe, würde die neue Hypothese übrigens keinen Gegensatz zur früheren enthalten, sondern damit in viel versprechender Weise zu vereinigen sein. Denn, nehmen wir an, das purpurfarbene Stäbchen enthalte noch eine oder mehrere weitere, farblose, besonders durch Roth und Violet angreifbare Substanzen, so würden eben diese Strahlen beinahe ungehemmt dahin gelangen, während das übrige farbige Licht erst nach geschehener Bleichung hinzuträte, zunächst unter Einschränkung des Violet, die bei gelbem und grünem Lichte

am stärksten, bei blauem, hinlängliche Zeit oder Intensität vorausgesetzt, am geringsten wäre. So würde längere oder intensivere Belichtung sich je nach der Wellenlänge den Zugang zu den lichtempfindlichen Stoffen einerseits erzwingen, andrerseits erschweren können.

Nach solchen Ueberlegungen schien es mir vor Allem geboten, festzustellen, ob und Was ohne Sehpurpur oder nach dessen Ausbleichung noch gesehen werden könne. Ein Theil der Arbeit ist, wie eingangs angedeutet, bereits entbehrlich geworden oder durch unsere tägliche Erfahrung beim Fixiren vollzogen, aber wir wissen weder, ob wir mit unsern Stäbchen noch sehen, wenn der Purpur gebleicht ist, noch ob das Sehvermögen unserer Zapfen zur Zeit und unter Bedingungen, welche die benachbarten Stäbchen des Purpurs berauben, erhalten bleibt. Der Augenspiegel lässt uns bis heute über die Veränderungen unseres Sehpurpurs im Unsichern, da zuverlässige Ophthalmologen dessen Sichtbarkeit in situ und im Leben überhaupt und wol mit Recht leugnen. Ich zweifle zwar nicht, dass unsere Frage dennoch schliesslich beim Menschen in Angriff zu nehmen und damit endgültig zu entscheiden ist, aber bei der jetzigen Sachlage hielt ich auch Versuche an Thieren für ausführbar und nützlich.

Schon S. 93, Heft 1, dieser Untersuchungen wurde behauptet, dass Frösche mit farbloser Retina noch sehen; ich hoffe den Beweis dafür durch die folgenden Beobachtungen bringen zu können. Im Leben erzielt man die Ausbleichung beim Frosche nach *Boll* bekanntlich durch längere oder sehr intensive Belichtung. Damit man sich keine falsche Vorstellungen von der Veränderlichkeit der Retinafärbung im lebenden Frosche mache, will ich darüber zunächst einige Erfahrungen anführen. Im Januar blieb die Retina von Fröschen, die von Morgens bis Abends im Freien auf weisser Unterlage gesessen hatten, von nahezu normaler Farbe, wenn der Himmel continuirlich bedeckt war, und im Juni habe ich es kürz-

lich erlebt, dass Frösche, welche am Morgen in der Sonne gesessen hatten, wobei sie den Purpur sicher einbüssten, während eines vierstündigen Gewitterregens im Freien wieder geröthete Netzhäute bekamen. Im direkten Sonnenlichte erfolgt dagegen die Ausbleichung namentlich im Sommer sehr rasch, etwa in 15 Min. Man hüte sich jedoch solche Thiere für geblendet zu halten, denn sie sehen und sehen offenbar gut, so gut, wie alle Frösche sehen, die bei diffusem mittlerem Tageslichte, im Sommer in etwa einer Stunde um ihren Purpur gekommen sind, und sie fahren fort zu sehen, ohne sich gegen die Sonne zu schützen und ohne etwa continuirlich neuen Purpur zu erzeugen. Bringt man sie in's Dunkle so stellt sich der Purpur nicht „alsbald" wieder her, wie *Boll* irrthümlich angab, sondern wie ich fand und *Boll* seitdem bestätigt, später, als in einer Stunde, und die ersten bemerkbaren Spuren der Färbung kommen erst in etwa 30 Minuten zum Vorschein. Dieser Umstand ist von ausserordentlicher Wichtigkeit, denn wenn solche farblose Retinae wirklich noch sehen, so kann nicht davon die Rede sein, dass sie mit Hülfe eines in gleichem Maasse durch das Licht beständig verzehrten und ebenso beständig wieder hergestellten Purpurs sehen.

Um die folgenden Versuche, zu welchen direktes Sonnenlicht erforderlich war, anstellen zu können, mussten die Frösche vor Erwärmung geschützt werden, sowohl zur Vermeidung von Täuschungen, welche die Empfindung der Wärme verursachen konnte, wie zur Verhütung des Todes durch Wärmestarre, welcher die Frösche auch in der kälteren Jahreszeit, in geschlossenen Gläsern, an der Sonne unerwartet früh erliegen. Ich habe deshalb alle Experimente unter einem beständigen Sprühregen kalten Wassers angestellt.

Unzweifelhaft liebt der Frosch das Dunkle und sucht besonders bei mässigem Lichte die dunkelsten Stellen auf, die er erreichen kann. Ausserdem hat er Vorliebe für die Enden und

Ecken seines Gewahrsams, selbst wenn diese keinen Schatten bieten. Da ich unter Anderem die Platzveränderung der Frösche als Reaction auf Lichtempfindung benutzen wollte, so nahm ich Gefässe mit kreisförmigem Boden. Legt man über ein belichtetes Gefäss eine schmale Leiste, so marschiren Frösche darunter, deren Schatten entsprechend, in einer Reihe auf, die bei Raummangel oft sehr kunstgerecht durch Anlegen der Köpfe hergestellt und mit der Sicherheit der Sonnenuhr bewahrt wird. Gibt es in dem Raume gar keinen Schatten, so wendet sich der grösste Theil auffälliger Weise mit den Augen zur Sonne und starrt in den Himmel. Es fällt ihnen nicht ein, dem grellen Lichte den Rücken zu wenden oder sich zu ducken, sondern sie sitzen viel höher aufgerichtet, als sie es sonst gewohnt sind, mit abwärts gestreckten Vorderbeinen da. Während die Thiere sich zur Ausnutzung eines ungenügenden Raumes im Schatten sehr gut einzurichten wissen, sieht man sie in der Sonne niemals eine Anordnung treffen, durch welche sie sich etwa untereinander vor dem Lichte schützen könnten. Ebensowenig schützen sie das Auge durch Einziehen oder Vorlegen der Nickhaut.

Ich nahm eine grosse Porzellanschale mit ebenem, glattem Boden und befestigte darin einen Glasstreif, der den Fröschen den Zugang zu dem halbmondförmigen Schatten verwehrte, welchen der gegen die Sonne gelegene, senkrecht aufsteigende Schalenrand erzeugte und bedeckte das Ganze mit einer grossen Glasplatte, auf die das Kühlwasser rieselte. In wenigen Minuten sassen alle Frösche an dem nicht beschatteten Glasstreifen, wie sehnsüchtig nach dem dunkleren Platze schielend, und einigen kleineren Exemplaren gelang es wirklich, sich zwischen Glasstreif und Deckel durch- oder einzuzwingen. Wie gross das Bedürfniss demnach sein mag, dem Auge Ruhe zu verschaffen, so habe ich doch niemals beobachtet, dass die Frösche dasselbe nach einer unfern gelegenen, beschatteten Mauer oder nach einem andern dunkeln Gegen-

stande, der ausserhalb des Behälters lag, richteten. Gab es keinen für sie erreichbaren schattigen Platz, so wurde von der ganz überwiegenden Majorität immer die Stellung und Blickrichtung genommen, welche die intensivste Lichtempfindung gewähren musste der Art, dass wenn ich ihnen darin mit dem eigenen Auge zu folgen suchte, ich sofort, von dem wolkenlosen Himmel in der Nähe der Sonne geblendet, zurückprallte.

Wie mir selbst, wird Jedem, der die Beobachtung anstellt, einfallen, der Frosch habe Scheu seine grössere Hautfläche, die in den meisten Fällen von der Sonne getroffen wird, der Erwärmung auszusetzen, und dass er deshalb, ähnlich wie wir beim Baden, der Sonne nicht den Rücken wende. Als ich indess wirklich geblendete, d. h. blinde, der Augen beraubte Frösche, die zum Vergleiche Wochen zuvor operirt und sehr munter waren, zu dem Versuche verwendete, fand ich bei diesen gar keine Neigung zur Aufrichtung und Drehung des Kopfes nach dem Lichte: von mehr als einem Dutzend sassen einige wohl in hochhockender Stellung, aber oft so, dass gerade der Rücken gründlich besonnt wurde; andere sassen geduckt, und niemals zeigte die Mehrheit Neigung die Sonnenseite des Gefässes zu bevorzugen. Da ich den Durchgang wärmender Strahlen weder durch das Glas, noch durch das Wasser in ausreichendem Maasse verhindern konnte, versuchte ich wenigstens deren Effecte auf die Froschhaut zu mindern und construirte zu dem Ende ein Gefäss aus Weissblech von der Gestalt und den Dimensionen der bis dahin benutzten Porzellanschalen, 7 Ctm. hoch, bei 28 Ctm. Durchmesser. Durch das Centrum trat am Boden die Mündung eines Leitungsrohres ein, das beständig erneuete Füllung mit kaltem Wasser bis zu einigen, 4 Ctm. höher, am Rande angebrachten Abflussröhrchen gestattete. Darin mussten die Frösche schwimmen und ich hatte es am Wasserhahne in der Hand, ihnen durch heftige Strömung das Erreichen und Festhalten der Sonnenseite beliebig zu erschweren.

So fand ich die Thiere nach kurzer Belichtung schon in angestrengter Arbeit Kopf und Augen gegen die Sonne zu wenden und nach einiger Zeit hatten sie sich sämmtlich an dem entsprechenden Rande mit aufgereckten Köpfen versammelt, wo das Auge nicht den mindesten Schutz fand. Diese Lage wurde mit verzweifelten Anstrengungen, unter lebhaftem Gequacke länger als 15 Minuten, bis zur Ermüdung festgehalten und nach der Erholung wieder aufgenommen. An den blinden Fröschen zeigte sich nichts der Art; diese schwammen vielmehr behaglich nach allen Richtungen umher.

Hiernach ist es zweifellos, dass der Frosch mit dem Auge das blendendste Licht sucht, falls er demselben nicht entgehen kann. Da er bei vorhandener Wahl sich dem Lichte jedoch entzieht, so wird man nicht annehmen können, dass der Reiz des intensiven Lichtes ihm besonders gefalle; das Licht muss nur etwas Fesselndes für ihn haben, wie für so manche Thiere, die demselben zugehen, auch wenn es ihr Verderben ist. Der Frosch ist dabei jedoch in der günstigen Lage, nicht einmal an seinem Auge Schaden zu nehmen, denn er wird von der Sonne nicht geblendet, wie wir, sondern er fährt fort zu sehen, wie sich jetzt zeigen wird.

Ohne Zweifel ist das Auge dem Frosche das wichtigste Organ, um Gefahr zu merken und ihr zu entrinnen. Ich kann blinde, aber darum nicht weniger lebhafte Frösche aus einer grossen flachen Schale, nach geräuschloser Entfernung des Deckels einzeln, nacheinander herausheben, ohne dass einer entschlüpft, wenn ich heftigere Bewegungen des Wassers vermeide, während ich die grösste Noth habe die sehenden Frösche umzusetzen, auch wenn sie stundenlang besonnt sind. Setzte ich blinde und sehende Frösche in grosse Glasaquarien, aus denen sie nicht herausspringen konnten, in die Sonne, so geriethen die letzteren bei der leisesten Annäherung, vollends nach einigen drohenden Greifbewegungen in höchste Unruhe und schlugen in rasenden

Sprüngen das spärliche Wasser zu Schaum, während die ersteren sich unter gleichen Umständen in ihrem Gefässe nicht rührten. Dass die blinden Frösche eben so lebhaft sein können, wie sehende, bemerkt man an den nachhaltigen Springübungen, welche sie nach einigem Aufrütteln anstellen.

Frösche fangen bekanntlich mit grosser Behendigkeit Fliegen, nachdem sie dieselben längere Zeit mit bedächtig glotzendem Blicke aufs Korn genommen haben. Man muss zu dem Versuche ein trocknes Glas nehmen und auch den Frosch gut abtrocknen, damit die Fliege nirgends durch Ankleben an der freien Bewegung gehindert wird, oder am Boden umkommt. Der Frosch scheint anfänglich das lebendige Futter kaum zu bemerken, so wenig wie die Fliege Ahnung von der Gefahr hat, indem sie ihm über Augen und Nase läuft, was seine Ruhe kaum stört und ihn allenfalls veranlasst, sich mit der Pfote über den Kopf zu wischen. Begibt sie sich aber in den oberen Theil des Glases, so wird der Frosch aufmerksam und stülpt in der Regel das dahin gewendete Auge in sehr lächerlicher Weise hervor; nun folgt ein wohlgezielter, oft fusshoher Sprung und die Fliege ist mit der vorgeschleuderten Zunge gefasst und in's Maul befördert. Verschiedene Male habe ich diese Beobachtung, welche Liebhabern von Laubfröschen nicht neu sein wird, an Fröschen gemacht, die Stunden zuvor besonnt waren und mit der Fliege in hohen, aussen berieselten Glascylindern in dem blendenden Lichte sassen: ich kann darum gar nicht mehr zweifeln, dass die Frösche mit vollständig entfärbtem Sehpurpur ganz vorzüglich sehen. Dass der Fang durch keinen andern Sinn als den des Gesichtes möglich wird, zeigte das Verhalten der vielen entaugten Frösche, denen ich Fliegen unter denselben Umständen vorsetzte: nicht ein einziger hat bis heute eine gefangen, sondern man fand dieselbe schliesslich immer zufällig erdrückt.

Seit ich wusste, dass Frösche ohne Sehpurpur sehen und

von dauerndem direktem Sonnenlichte keineswegs geblendet werden, habe ich herauszubringen versucht, Was sie sehen, namentlich ob sie Farben sehen. Da so viele Thiere Vorzugsfarben haben, oder einzelne Farben verabscheuen, war den Fröschen Aehnliches zuzutrauen. In Norddeutschland hatte ich als Knabe oft gehört, man könne Frösche mit einem rothen Lappen locken und angeln. Dies ist mir zwar nicht geglückt, vielleicht weil ich beim Angeln überhaupt wenig Erfolge und Vergnügen gefunden habe; ich glaube aber doch bemerkt zu haben, dass die rothe Farbe, vor andern die Frösche aufregt. Nähert man, indem man sich möglichst fern und ruhig verhält, dem Ranarium ein rothes, an die Angel befestigtes, flatterndes Tuch, so sieht man die Frösche mehr in Aufregung gerathen, als wenn man dazu schreiend blaues, gelbes oder grünes Zeug wählt. Am auffallendsten fand ich die Sache im Sonnenlichte und wiederum bei Fröschen, deren Retina bereits ausgeblichen war. Ein weisses Tuch stand indess dem rothen kaum nach. Derartige Versuche, für die man früher den nicht schlechten Namen Naturförsterei hatte, konnten indess ernsthaft nicht befriedigen.

Mit grosser Sicherheit lässt sich auf anderem Wege feststellen, dass die Frösche eine Vorzugsfarbe haben und damit beweisen, dass sie Farben mit gänzlich entfärbter Netzhaut zu sehen vermögen. Diese Farbe ist das Grün. Es war mir schon bei mittlerer Tageshelle aufgefallen, dass die Frösche in runden Gefässen, die mit zwei verschiedenen farbigen Gläsern bedeckt waren, meist unter einem ausschliesslich Platz nahmen, besonders unter dem grünen, wenn Blau concurrirte. Um schneller zum Ziele zu kommen habe ich die folgenden Versuche grösstentheils mit intensivstem Sonnenlichte angestellt, worin so rasch reagirt wurde, dass ich bald über grosse Versuchsreihen verfügte. Bei mittlerer Helligkeit unter weissen Wolken oder im Schatten unter klarem, blauem Himmel zu experimentiren, wurde übrigens nicht

unterlassen und ich bemerke darüber zum Voraus, dass die Ergebnisse die nämlichen waren, wie die folgenden.

Da es für meine Zwecke nicht auf grosse Reinheit des farbigen Lichtes ankam, wurde durch farbige Glasplatten beleuchtet. Dunkelgrünes, mit Chromoxyd gefärbtes Glas deckte im Spectrum direkten Sonnenlichtes vollkommen das Roth und Gelb; neben dem Grün war ein Theil des Blau, selbst etwas Violet erhalten. Doppelt genommen liess das Glas nur Grün und etwas Blaugrün, dreifach nur Grün durch und damit konnte man bequem in die Mittagssonne schauen. Das Verhalten des blauen Kobaltglases bedarf der Erwähnung kaum: man weiss, dass es das erste Roth bis C wenig schwächt. Ich habe die Platten meist in 3facher Lage angewendet, wobei das Roth schon etwas gemildert war. So gab es Absorption von C bis in's Blaugrün, unterbrochen durch einen schmalen hellen Streifen im Gelbgrün, während Blau und Violet noch recht intensiv waren. Unter einer grünen Platte besonnt, blichen Froschnetzhäute ungefähr in der gleichen Zeit aus, wie unter 3 blauen, nämlich im Lebenden in 15—20 Min., isolirt und feucht erhalten in 5—6 Minuten. Das Grün war dabei, wie ich es wollte, durch etwas schnellere Wirkung ein wenig im Vorzuge.

Schon die ersten flüchtigen Beobachtungen lehrten, dass Frösche unter Blau und Grün immer das letztere bevorzugen. Sind die anscheinenden Intensitätsunterschiede nicht geradezu colossal, nämlich so, dass die grüne Hälfte des Gefässes blendend, die blaue wie mit einem Brette bedeckt erscheint, so wird man selbst bei ganz sorglosem Verfahren die Frösche über kurz oder lang im Grün versammelt finden, sowohl im hellsten direkten Sonnenlichte, wie im Schatten oder im allerschlechtesten Tageslichte. Ganz ohne Ausnahme ist dies freilich nicht, aber ich hatte Grund, damit besonders zufrieden zu sein, weil ich mit derselben Sicherheit entgegengesetzte Resultate zu demonstriren

lernte. Es gibt unter Fröschen, wie unter Menschen Exemplare von abweichendem Geschmacke; die ungeheure Majorität liebt das Grün, aber ein kleiner Procentsatz zieht Blau vor. Meine Sammlung solcher verirrter Subjecte beträgt nach Prüfung vieler hundert Frösche mit Einschluss des Verlustes kaum 2 Dutzend, worunter zwei oder drei, die ich genau kenne, übrigens zuweilen besserer Regungen fähig scheinen. Ich wurde auf die Sache aufmerksam, als ich unter 10—12 Thieren die einzige Rana temporaria beharrlich Inconstanzen verursachen sah. In der Meinung, dieselbe werde aus persönlichen Gründen gemieden, denn an einen Specieshass konnte ich nach bereits erworbenen Erfahrungen bei Rana esculenta nicht glauben, versuchte ich es mit dem Thiere allein und da fand ich wieder die Neigung für Blau. Seitdem habe ich alle gleichempfindenden Nachfolger, die sich gelegentlich durch den Farbenversuch absondern liessen, gesammelt und bis auf die wenigen, schon genannten in ihrem Geschmacke beharrlich gefunden. Dieselben ziehen einzeln, oder in beliebiger Anzahl verwendet immer Blau dem Grün vor und wenn ich sie, durch Fäden am Fusse kenntlich gemacht, mit normalen Fröschen zusammensetze, so bin ich vollkommen sicher, nach einigen Minuten die Trennung durch Bedecken des Gewahrsams mit blauem und grünem Glase zu bewerkstelligen.

Nach meinen geringen Erfahrungen dürften Blau wählende Frösche unter Rana temporaria etwas häufiger, als unter esculenta sein; doch hat die Leibesfarbe mit der Leibfarbe nichts zu schaffen, denn ich fand die Abweichung so gut bei dunkelbraunen wie bei hellgelben und grünen Exemplaren, aber niemals bis heute unter der Sorte von Rana esc., welche in der Sonne hellblaugrün wird. Das Geschlecht scheint ebensowenig Einfluss zu haben.

Meinem Zwecke entsprechend begann ich die Versuche mit gründlich besonnten Fröschen, von denen ich sicher war, dass

sie im Dunkeln mehr, als eine Stunde brauchten um wieder leidlich purpurne Netzhäute zu bekommen. Ebenso sicher war ich, dass unter den farbigen Gläsern während der Versuche keine Regeneration erfolgte, da ich einige Augen bei den verschiedensten Bedeckungen und Intensitäten des Himmelslichtes direkt darauf prüfte. Hinsichtlich des Ausschlusses anderer Einflüsse, als der des farbigen Lichtes, schicke ich Folgendes voraus.

1. Wurde jeder Schattenrand in den Gefässen durch Einziehen eines gläsernen Zaunes in einiger Entfernung davon unerreichbar gemacht. — 2. Wurde zur Eliminirung der Lockfähigkeit des Schattens die Grenze der beiden farbigen Bedeckungen immer senkrecht zur vorgenannten Barrière gelegt, so dass die Schattenseite beiden Farben zu Gute kam. — 3. Wurden die Farben bei jedem Versuche von Ost nach West zweimal gewechselt. — 4. Verhinderte ein genügender Sprühregen Erhitzung der Gläser durch die Sonne. — 5. Wurde das Gefäss selbst in fliessendes Wasser gestellt oder das vorhin erwähnte Blechgefäss mit continuirlicher Erneuerung kalten Wassers benutzt. — 6. Liess ich die Frösche nicht ohne Anstrengung die gewählte Farbe erreichen oder bewahren, und endlich wurden 7. alle Versuche durch augenlose Frösche controlirt. Ich lege auf das Letztere den grössten Werth, da die damit erzielten Gegensätze bündig beweisen, dass keine anderen Sinnesorgane, als das Auge, besonders die Haut nicht, Anlass zum Benehmen der Frösche gegen grüne und blaue Beleuchtung geben. Die Haut der Frösche reagirt dem Aussehen nach bekanntlich so leicht und bemerkbar auf Licht und wol auf verschiedenfarbiges nicht gleichartig, dass entsprechende Empfindungen damit verbunden gedacht werden können, bei denen man nicht ohne Weiteres nur thermische Erregungen anzunehmen braucht, und schon aus diesem Grunde war die Benutzung blinder Frösche zur Controle geboten. Dass die Erwärmung durch die angewendeten Gläser Verschiedenheiten

erzeugen würde, liess sich bei der Gläserwahl voraussehen, allein ich fand, als ich zwei gleiche Porzellangefässe, mit demselben Volum Wasser gefüllt, unter je ein grünes und unter 3 blaue Gläser in die Sonne stellte, in dem Gange der Erwärmung nur Temperaturdifferenzen von $^1/_2$ bis kaum 1° C. zu Gunsten des Blau. Die Experimente selbst werden berichten in wie weit sie den genannten Controlen mehr oder minder zugänglich blieben.

Unter einem grünen und drei blauen Gläsern bedurfte es in der Sonne für unbehinderte, auf feuchtem Boden kriechende und hüpfende Frösche in der Sonne jedesmal kaum 5 Min., um die vorher durch Schütteln gleichmässig vertheilte Schaar auf die grüne Seite wandern zu sehen. Wurde der grün erleuchtete Platz immer mehr eingeschränkt, so drückten sich die Thiere fest zusammen oder kletterten aufeinander, um sämmtlich dem Blau entgehen zu können, und wenn ich mitten durch das Gefäss unter der Farbengrenze einen Glasstreif zog, so drängten sich die in's Blau gesetzten Frösche an diesen und wandten die Augen dem Jenseits zu. Kleinere Frösche vermochten sich zwischen Deckel und Glasstreif durchzuklemmen und als ich endlich ein Glasstück nahm, das am einen Ende schräg abgebrochen war, krochen sämmtliche Frösche durch die noch sehr unbequem zu begehende Lücke ins Grün hinüber. Augenlose Frösche unter die übrigen gesetzt wurden zu jeder Zeit unregelmässig vertheilt gefunden; was sich aber unter dem Blau vorfand, war ausnahmslos blind.

Das Verfahren wurde nun in der mannigfachsten Weise abgeändert, indem ich in der ersten Reihe, wie soeben, beide Farben von solcher Intensität nahm, dass hinsichtlich ihrer Wirkung auf Sehpurpur keine wesentliche Differenz bemerkbar war und indem ich ausserdem für Hindernisse im Festhalten des aufgesuchten Platzes, sowie für sichere Gleichheit der Temperatur, durch strömendes Wasser sorgte; dann nahm ich gegen 1 Grün

nur 2 Blau und weiter nur 1 Blau, wobei der Erfolg der nämliche blieb, obwohl mir das Blau beim Durchblicken durch die 2 Scheiben viel dunkler, durch eine Scheibe erheblich heller als das Grün vorkam. Mit einer hellgrünen Tafel anderen Glases, als des gewöhnlich verwendeten, und der einen blauen Scheibe, die mir den Eindruck ungefähr gleicher Helligkeit machten und durch welche ich z. B. dieselben Schriftproben aus gleicher Entfernung entzifferte, war der Erfolg immer noch der nämliche, und wenn ich endlich die Farbendecken bezüglich der Wirkung auf Sehpurpur noch mehr umkehrte und das Grün doppelt, das Blau einfach nahm, so wurde fortwährend von den Fröschen das Grün aufgesucht. Man kann also in keiner Weise sagen, es werde die dunkler scheinende Farbe aufgesucht, so wenig man umgekehrt eine unter farbigem Lichte sich erst entwickelnde Liebhaberei der Frösche für das Hellere aus den Ergebnissen folgern wird. Das einzig Denkbare, das eben übrig bleibt, um das Benehmen der Frösche zu verstehen, ist, dass sie die Farben verschieden und incommensurabel empfinden, wie wir es auch thun, und dass sie der Vorliebe für Grün, trotz aller Tendenz, das Dunkle aufzusuchen, wenn sie solches erreichen können, treu bleiben, auch wenn die Gegenfarbe, an jedem Maasse geschätzt, die dunklere ist. Dies hat indess, wie begreiflich, seine Grenzen, wenigstens unter den vorliegenden Bedingungen, wo mit farbigen Gläsern gearbeitet wurde, in deren Lichte grössere Intensitäten zugleich geringerem Grade der Sättigung entsprachen. Nahm ich 1 hellgrünes Glas, gegen 4—5 blaue, so gingen die Frösche unter das Dunkelblau so gut, wie unter ein Brett, das sie auch dem Grün vorziehen, wenn die Farbe nicht ausserordentlich dunkel ist. Es bedarf der Erwähnung kaum, dass umgekehrt alles Bevorzugen des dunkleren Grün gegen helles Blau in unserem Sinne geringeren Werth hat, weil zur Anziehung der Lieblingsfarbe die der geringeren Intensität hinzukommt. Für den ersteren Fall ist

übrigens hinzuzufügen, dass man häufig ein Zögern in der Entscheidung bemerkt, und dass die Frösche entschieden weniger consequent und dauernd im dunkelsten Blau hocken, wenn sehr helles Licht daneben grün ist. Man sieht dies sogar, obschon seltener, wo dunkles Blau durch ein Brett ersetzt wird.

Da die Erfahrungen über Auswahl zwischen Grün und Blau genügen, um zu erkennen, dass Frösche mit gebleichtem und in der Versuchszeit nicht herstellbarem Sehpurpur Farben sehen und unterscheiden, unterlasse ich zunächst weitere Mittheilungen über andere Farbenpaare oder über Entscheidungen zwischen 3 Farben. Was ich bis jetzt in letzterer Hinsicht beobachtete, lässt die Ausdehnung der Methode von grösserem Interesse für Wahrnehmungen bei Mitbetheiligung des Sehpurpurs erscheinen, als für die Feststellung des Farbensehens ohne Purpur.

Die bisherigen Ausführungen mögen das Experimentiren mit bleichungsäquivalentem Grün und Blau überflüssig erscheinen lassen, da es sich eben um keinen Purpur mehr handelte; ich habe dieses Mittel nur mit herangezogen, um der äussersten Bedenklichkeit gerecht zu werden, vornehmlich jedoch, weil es unentbehrlich schien zu Parallelversuchen an Dunkelfröschen. Diese ergaben bei weitem weniger constante und schlagende Ergebnisse, was mich anfänglich mehr als nöthig überraschte, denn wenn man erwägt, dass bei erhaltenem Sehpurpur ein neuer Factor den Sehact complicirt, so wird man andere Reactionen der Frösche schon voraussetzen müssen. Ich habe von Dunkelfröschen den Eindruck empfangen, als ob sie durch Licht aller Intensitäten überrascht und rathlos würden, der Art, dass sie anfänglich selbst die Wahl zwischen dunklem Schutz und hellem Sonnenscheine nicht recht zu treffen wissen. Unter bleichungsäquivalentem Grün und Blau war meist nach 5 Minuten nur die Mehrheit unter dem Grün zu finden und es dauerte die doppelte Zeit, bis sich der Rest dahin begab. Hindernisse durch stärkere Bewegung

des Wassers, namentlich zum Festhalten der gewählten Stelle, verzögerten die Entscheidung noch mehr und vollends geschah dies durch Vergrösserung der Intensität im Grün oder durch Minderung im Blau. Das Benehmen sah ganz so aus, wie wenn die Differenz der Bleichungszeit unter den beiden Farben die Empfindung für Intensitätsdifferenzen schärfte, so dass nun nicht mehr innerhalb so weiter Grenzen der objectiven Helligkeit das Grün bevorzugt wurde. Nach 15—20 Min. verhielten sich die Dunkelfrösche unter farbigen Gläsern im direkten Sonnenlichte natürlich ebenso wie die Hellfrösche, denn jetzt waren auch sie des Purpurs beraubt. Um sicher zu sein, dass das Grün bei erhaltenem Sehpurpur ebenfalls vorgezogen wird, stellt man daher diese Versuche besser mit diffusem, nicht zu hellem Tageslichte an. Ich habe so bei Bleichungsäquivalenz sowohl, wie bei überwiegender Intensität des Grün die Entscheidung für dieses treffen sehen von einer so grossen Anzahl von Fröschen, und in den Einzelfällen von sämmtlichen in Gebrauch genommenen, dass ich auch für die Purpur besitzenden und bewahrenden Thiere starke Bevorzugung des Grün vor dem Blau behaupten muss. Ueberlegt man, in wie auffälliger Weise ohne den Purpur beinahe rein nach der Wellenlänge des erregenden Lichtes gehandelt wird, wie dies ferner im Besitze des Sehpurpurs wieder geschieht, wenn derselbe sehr langsam afficirt wird, während das Benehmen gerade da gegen die Farbe unsicher wird, wo ausser der Farbenempfindung noch die Differenzen der Ausbleichung zur Wahrnehmung kommen, so kann man kaum zweifeln, dass die Farben purpurlose Theile des Sehapparates afficiren, denen ein andrer zu Hülfe kommt, so lange er Sehpurpur enthält und damit reagirt. So viel ich sehe, ist dies in Uebereinstimmung mit der Auffassung, welche der Zapfenerregung die Vermittlung s ä m m t l i c h e r Empfindungsqualitäten, der Erregung der Stäbchen durch irgendwelche objective Reize, nur die des Hell und Dunkel zuschreibt.

Wenn es richtig ist, dass es Thiere ohne Zapfen giebt, oder, worauf es mehr ankommt, dass es Netzhäute gibt, die nur Sehpurpur führende Lichtempfänger besitzen, so darf man hoffen, die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob gebleichte Stäbchen noch durch Licht erregt werden können.

# Untersuchungen über den Sehpurpur.

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

---

Unter den Beobachtern der Stäbchenfärbung herrscht hinsichtlich der ihr zuzuschreibenden Nuance nahezu vollkommene Uebereinstimmung. Nur der erste Entdecker, *Heinrich Müller*, scheint die Eigenthümlichkeit der Farbe verkannt zu haben, da er die Verschiedenheit von der des Hämoglobins nicht bemerkte und an die Möglichkeit einer Imbibition der Stäbchen mit Blutroth dachte. Später nannten *Leydig* und *M. Schultze* die Färbung bei allen Gelegenheiten rosa oder rosenfarben, wie man bekanntlich wenig gesättigtes Roth nennt, das Blau oder Violet enthält. Bestimmter wurde dieselbe von *Boll* für purpurfarben erklärt und angedeutet, dass das Roth auch nach spectroskopischen Beobachtungen von *Blaserna* kein einfaches sei. Ebenso haben sich später viele andere unbefangene Beobachter der Bezeichnung Purpur bedient, so dass eine Uebereinstimmung erreicht wurde, welche auf eine gewisse Deutlichkeit der fraglichen Nuance schliessen lässt. Wer jetzt überhaupt Erfahrungen über das Aussehen dunkel gehaltener Netzhäute hat und wer besonders die der Säuger, den Menschen eingeschlossen, die mancher Fische, der Eule und vieler Raubvögel kennt, wird über die Benennung Purpur höchstens insofern in Zweifel gerathen, als er vielleicht oft die Bezeichnung Violet vorziehen wird.

Die Farbe der Retinastäbchen genau zu bestimmen, ist in vielen Beziehungen von grosser Wichtigkeit: man muss wissen, wie sie ist, um sich über ihre Veränderungen durch Zersetzung, namentlich die photochemische, nicht zu täuschen, man muss die Nuance kennen, um zu verstehen, wie sich dieselbe durch Concentration und Verdünnung ändert, man muss die Absorption verschiedenwelligen Lichtes feststellen, um deren Beziehungen zur Zersetzung des Purpurs im einfarbigen Lichte zu verfolgen, und man muss Mittel zur Analyse der Farbe haben, um zu erfahren, ob der Farbstoff optische Differenzen bei den verschiedenen Thieren bedingt.

Wir haben zur Farbenanalyse des Sehpurpurs mehrere Methoden benutzt, die in dem Folgenden beschrieben werden sollen, und in einer ersten Beobachtungsreihe auf die Retina, in einer zweiten auf den Sehpurpur in Lösung angewendet. Hieran schlossen sich unmittelbar neue Untersuchungen über die Ausbleichung der gefärbten Netzhaut in verschiedenen farbigen Belichtungen, denen wir eben solche über die photochemische Zersetzung der Sehpurpurlösung folgen liessen. Weitere Untersuchungen waren den Veränderungen des Sehpurpurs im Leben, seiner Entstehung und schliesslich dem allgemeinen chemischen Verhalten des Farbstoffs gewidmet. Wir werden in der genannten Reihefolge über unsere, von der Gunst des Sonnenlichtes nur zu abhängig gewesenen, erst nach längerer Zeit erworbenen und befestigten Erfahrungen berichten.

## I. Analyse der Retinafarbe.

Da die zum Sehen nöthige Wirkung des Lichtes in den hinteren Schichten der Netzhaut geschieht, müssen deren Gewebe ungefähr so durchsichtig sein, wie die brechenden Medien des Auges es im Allgemeinen sind, und wenn wir die Stäbchen soweit für Lichtempfänger nehmen, als sie Sehpurpur enthalten, also bis an die äussersten Kuppen ihres Aussengliedes, so muss der

Purpur eine durchsichtige Farbe sein, welche ein wiederum durchsichtiges Medium tränkt. Diese mit der Farbe anzunehmende Durchsichtigkeit kann noch weitere Bedeutung haben, indem sie Wirkungen des Lichtes auf das Epithel ermöglicht, dessen Betheiligung an der Gesichtserregung wir jetzt nach Erfahrungen anderer Art zu ahnen beginnen. Ob die Farbe frischer Netzhäute die vermuthete Lackfarbe sei, und in welchem Grade sie es sei, haben wir zuerst festzustellen versucht.

---

Man setze auf eine mattschwarze Unterlage einen Tropfen gewöhnlichen, deckfarbenen Blutes neben einen Tropfen desselben Blutes, das man in irgend einer Weise, ohne es zu verdünnen oder zu zersetzen, lackfarben gemacht hat: man wird den ersteren roth, den zweiten in jeder Beleuchtung schwarz finden. Breitet man den deckfarbenen Tropfen flach aus, so schwindet das Roth nur an den allerdünnsten Stellen. Aehnlich wie das lackfarbe Blut verhält sich die Retina auf der schwärzesten Unterlage, die wir ihr geben können, nämlich beim Frosche, in der natürlichen Lage, auf der bei diesem Thiere im Gegensatze zur grossen Mehrzahl anderer für intensivstes Sonnenlicht ganz undurchsichtigen Chorioïdea; wir sagen ähnlich, denn eine geringe Spur von Roth oder Violet zieht sich, wie ein zarter Schleier über den feucht spiegelnden Grund des eröffneten Froschauges, dessen Schwarz einen Stich in's Bräunliche erhält. Ist die Retina herausgenommen, so sieht man das reinste Schwarz, das überhaupt Pigmente bieten können; ist sie aber im Leben ihres Purpurs durch längere Belichtung beraubt, so erscheint der Augengrund grauschwarz. Da die Stäbchen nicht direkt auf der Uvea, sondern auf den farblosen Aussenstücken der Pigmentepithelien ruhen, kann auch von diesen reflectirtes Licht die geringe Sichtbarkeit des Sehpurpurs in situ bedingen. Indess wird dies kaum von Belang sein, weil man es niemals an der Schwärze des zurückbleibenden Grundes zu er-

kennen vermag, ob die Retina mit oder ohne das Epithel herausgezogen wurde, und andrerseits scheint genügend Licht aus der Stäbchensubstanz reflectirt zu werden, weil man den farbigen Schimmer der Retina noch wahrnimmt, wenn man sie mit der Stäbchenseite gegen mattschwarzes Papier oder Metall aufträgt. An Falten kommt dann natürlich am meisten Farbe zum Vorschein, aber auch die vollkommen glatt ausgebreiteten Theile zeigen etwas davon. Bemerkbar deutlicher wird dies, wenn man die Netzhaut mit der Vorderfläche auf Schwarz legt, woraus folgt, dass auch die Gewebe der vorderen Schichten etwas Licht zurückwerfen. Dies Alles gilt für ganz frische Retinae, nicht für getrübte, nach einigen Stunden des Absterbens weisslich-purpurn gewordene. Legt man so veränderte Präparate mit der farbigen Seite auf Schwarz, so sehen sie fast bläulichweiss aus, ebenso wie im Froschauge abgestorbene und dort in situ gelassene, während sie umgedreht, trotz der schwarzen Unterlage den Purpur mit grosser Deutlichkeit zeigen.

Die Eigenfarbe der Retina stellt also keine so vollkommene Lackfarbe dar, wie man erwarten könnte, und man würde sie daher ophthalmoskopisch und am lebenden Menschen möglicher Weise unterscheiden können, selbst wenn hinter dem Epithel kein Licht reflectirt würde. Wäre die lebende Retina so durchsichtig und würfe sie nur so wenig Licht aus ihrem Innern zurück, wie lackfarbenes Blut, so würde sie bei jeder Beleuchtung in situ so schwarz aussehen, wie ein Tropfen solchen Blutes in der Uvea des Frosches ausgebreitet aussieht, falls nämlich der Hintergrund beim Menschen und den meisten Geschöpfen so dunkel wäre, wie beim Frosche. Wir haben lackfarbenes Blut durch Schütteln mit Luft so hellroth gemacht, wie wir konnten und es im halbirten, von der Retina befreiten Froschauge weder von Wasser noch von schwarzer Tinte unterscheiden können.

Zur Feststellung der normalen Retinafarbe mit unbewaffnetem Auge und unter Verzicht auf optische Methoden sind ein mittlerer Farbensinn des Beobachters und Ausschliessung des Lichtes bis zum Augenblicke der Betrachtung die ersten, aber genügenden Erfordernisse. Die Netzhaut darf jedoch nur sehr kurz und bei möglichst gedämpftem Tageslichte besehen werden.

Will man das Mikroskop gebrauchen, so muss das Object vor überflüssigem durchfallendem Lichte möglichst, vor auffallendem gänzlich geschützt werden. Mikroskope, welche bemerkbar in Blau oder in Gelb übercorrigirt sind, dürfen nicht verwendet werden. Die Herrichtung der Retina geschieht vor der Natronflamme möglichst schnell und bei gerade ausreichender Belichtung, weil auch dieses Licht die Farbennuance schwach vermindert; wenn das Präparat mikroskopisch betrachtet werden soll, muss es aus der Natronkammer bedeckt an das bereits eingestellte Instrument getragen und erst an Ort und Stelle entblösst werden.

Fixirt man die zuvor im Dunkeln auf einer mattweissen Unterlage ausgebreitete Froschretina am Lichte etwa 20 Sec., so sieht man beim Nebenblicken auf die weisse Fläche ein rein grünes Nachbild. Je öfter der Versuch an demselben Objecte wiederholt wird, desto weniger rein wird die Farbe des Nachbildes, indem sie in Blaugrün umschlägt. Fixirt man die beiden Hälften einer zerschnittenen Retina, deren eine nur etwa 30 Sec. belichtet war, während die andere unter einem Deckel geschützt blieb, auf Weiss, so erhält man darauf zwei Nachbilder neben einander, von denen das dem belichteten Stücke entsprechende sehr deutlich blaugrün, gegen das andere rein grüne absticht. Das Complementär der Dunkelretina ist also reines Grün, das der nur kurz und mässig belichteten bläuliches Grün.

Unter den Pigmenten repräsentirt arsenigsaures Kupfer das reinste Grün. Wir legten ein damit gefärbtes Papierstückchen, das mit einem carminfarbenen, am gleichen Orte unseres Auges gedeckt, neutrales farbloses Grau, mit Zinnober gelbliches Grau

gab, neben die Retina und vereinigten die Bilder nach den bekannten Methoden von *Helmholtz*. Der Erfolg der Mischung war farbloses Grau, aber je länger man hinsah oder je öfter man die Betrachtung wiederholte, um so mehr schlug das Grau in's Gelbliche. Auch dieser Versuch erwies sich schlagend mit der getheilten und ungleich belichteten Retina. Am vollkommensten gelang er nach der Methode, welche die katoptrisch und dioptrisch mittelst einer Glasplatte gesehenen Bilder zur Deckung bringt, weil man die Intensität der Farben durch Aenderung der Neigung des Glases in weiten Grenzen zu wechseln vermag; indess kamen wir auch mit einem vor das Auge gehaltenen doppelbrechenden Kalkspathkrystalle zum Ziele.

Welche Spectralfarbe die complementäre der Netzhautfärbung sei, sahen wir, als wir mittelst derselben Methoden das Bild eines genau zwischen den Linien *E* und *b* genommenen Ausschnittes des Sonnenspectrums auf einer weissen Papierfläche mit dem der Retina vereinigten. Die letztere wurde zu dem Zwecke sehr nahe dem scharf begrenzten grünen Bilde auf derselben Papierunterlage mit mehrfach reflectirtem Sonnenlichte, dem wir die scheinbare Helligkeit der Nebenfarbe gaben, weiss beleuchtet. Der Erfolg der Mischung war hier ebenfalls farbloses Grau, nach längerer Lichtwirkung Gelbgrau.

Wenn reines Grün das Complementär der Netzhautfarbe ist, so müssen farblose oder graue Objecte neben oder in der Retina in rein grüner Contrastfarbe erscheinen. Dies ist bei sorgfältiger Beachtung aller erwähnten Cautelen auch im mikroskopischen Bilde der Fall für die weniger durchsichtigen, grauen Stäbchen, die ausser den von *Boll* beschriebenen grünen vorkommen. Man kann dieselben darum im Anfange der Untersuchung an der Farbe nicht von den letzteren unterscheiden, sondern nur an der geringeren Intensität der Färbung, sowie im Allgemeinen an der geringeren Durchsichtigkeit. Es bedarf aber keiner vollen Minute, um sie im Gange der Belichtung, wenn die Retina eben

statt purpurn, roth aussieht, bläulich gegen die grünen abstechen zu sehen, (vergl. Heft 1, S. 23 u. S. 70).

Bei der mittleren, normalen Concentration des Sehpurpurs in den Stäbchen genügt sehr geringe photochemische Wirkung, um das Violet darin für unser Auge auszulöschen und in unserer Empfindung nur Roth übrig zu lassen. Anders ist es, wenn man die Netzhautfarbe mit weissem Lichte mischt. Wir besahen Froschretinae, die am Lichte soweit verändert waren, dass sie nicht nur zu Blaugrün complementär geworden waren und Nachbilder dieser Farbe erzeugten, sondern auch beim blossen Ansehen stark gelblichroth erschienen nach einer der vorgenannten *Helmholtz*'schen Methoden, indem wir sie mit weissem Lichte in unserem Auge deckten, und da sahen wir daran diejenige Nuance, welche alles Purpurfarbene bei geringer Sättigung annimmt, nämlich Rosa immer kenntlich werden und dieses überhaupt nicht eher verschwinden, als bis die Retina von der Sonne schon ganz hellgelb gebleicht war. Selbst wo die letztere Ausbleichungsstufe fast erreicht schien, schlug sie mit Weiss gemischt immer noch in das eigenthümliche helle Chamois um. Das Weiss, das wir zumischten, war freilich nicht vollkommen rein, es war nur das von möglichst rein weissem Papier reflectirte, zerstreute Tageslicht des weiss bewölkten Himmels. Da man aus *Brücke*'s jederzeit zu bestätigenden Versuchen (Vorles. ü. Physiol. II. S. 136) erfährt, dass solches Weiss eine rothe Nuance, sicher keine blaue oder violette hat und dass es Blau in Purpur, Gelb in Orange nuancirt, so zeigt das Verhalten der scheinbar rein rothen, orangefarbenen und selbst gelblichen Retina nach dieser Mischung, *a fortiori*, dass das von den lichtveränderten Stäbchen noch ausgehende Licht, fast unter allen Umständen, neben dem ohne Hülfsmittel wahrzunehmenden rothen und gelben, vorwiegend stärker brechbares, besonders violettes enthält.

Die Netzhautfarbe im Dunkeln gehaltener Frösche zeigt individuelle Differenzen, welche von mehreren Ursachen herrühren. Ist die Zahl der von *Boll* entdeckten grünen Stäbchen gross, oder nach einem Verfahren, das später besprochen wird, vergrössert, so ist eine gewisse grünliche Schillerfarbe unverkennbar, der Art, dass wir nach dem Anblicke mit unbewaffnetem Auge ihre Gegenwart, welche die mikroskopische Untersuchung darthut, voraussagen können. Bei mässiger Menge der grünen Stäbchen scheint das Roth brennender, weniger violet, und bei vielen grünen Stäbchen und schwächerer Tränkung der andern mit Purpur, schlägt die Gesammtfarbe etwas in's Schiefergraue. Sind viele graue Stäbchen vorhanden, bei gewöhnlicher mittlerer Menge der grünen, so ist die Retina mehr rosenroth: die Purpurfarbe, welche man also an der Gesammtfläche der vereinigten verschiedenfarbigen Stäbchen sieht, schwankt schon, ohne dass sich in der Beschaffenheit der purpurnen Mosaikstücke etwas ändert. Ausserdem kann jedoch bei Dunkelfröschen die Purpurfarbe selbst in den Stäbchen in wechselnder Menge enthalten sein und dies bedingt dreierlei verschiedene Färbungen: bei viel Purpur, Zugehen nach dem Violet, in's Dunkelpurpurfarbene mit starkem Zurücktreten des Roth; bei mittlerer Concentration, stärkeres Hervortreten des Roth; bei abnehmender Menge des Farbstoffs, Uebergang in Rosa, endlich in blasses Lila. Die letzteren Farben lassen sich aus der Froschretina immer leicht durch allmähliches Zerquetschen zwischen zwei gut aufeinander geschliffenen Glasplatten herstellen, zwischen denen die weiche Membran gleichmässig dünner zu drücken ist, und wenn man den Versuch mit einer recht dunkel purpurfarbenen Netzhaut beginnt, so sieht man anfänglich das Roth mehr hervortreten, später Rosa, endlich Lila sich einstellen. Mit der Netzhaut der Eule oder des Aals erzielt man das erste Stadium besonders gut. Selbstverständlich sieht die dünn ausgebreitete, lilafarbene Masse wieder schön purpurfarben oder intensiv roth aus, wenn man sie wieder zu einem kleinen Häufchen zusammenschabt, was wir

aus besonderem Anlass leider nicht unerwähnt lassen dürfen. Wenn die Retina im Absterben trüb wird und aus ihrem Innern mit Einschluss der Stäbchensubstanz mehr weisses Licht reflectirt, so ändert sich die Farbe, wie durch Verdünnung, d. h. der violettere Purpur schlägt erst mehr in's Roth, bei weiterer Trübung sehr entschieden in's Rosa um. Dies ist der Grund, weshalb bei den Warmblütern, wo die Trübung rascher auftritt, die Gegensätze von reinerem Roth und überraschend entschiedenem Violet viel häufiger zur Anschauung kommen.

Entsprechend den Veränderungen durch Zumischung weissen Lichtes ist auch das mikroskopische Ansehen der Stäbchen des Frosches, nämlich in dünner Schicht, wo man die Farbe an auf der Seite liegenden gerade erkennt, lila, in stärkerer rosa, in noch stärkerer mehr roth, wie die meisten, durch die Längsaxe gesehen, erscheinen, endlich in den dicksten Lagen einer Falte z. B. prächtig purpurn.

Die ganze Reihe der aufgeführten Nuancen ist selbstverständlich nur für kurze Zeit bei gedämpftem Tageslichte zu sehen, denn Belichtung zersetzt den Purpur und wirkt gänzlich anders, wie Verdünnung, weil der Sehpurpur nicht mit einem Schlage in S e h w e i s s, sondern zuvor in S e h g e l b, das erst zu Weiss w i r d, übergeht. Daher besteht jede Anfangsänderung durch das Licht im Auswischen der Purpurfarbe, im Umschlagen in's brandige oder reinere Roth. Diese letztere Farbe kommt übrigens zuweilen auch an Dunkelfröschen unabhängig von aller Belichtung vor, aus Gründen, die wir später erörtern werden. Andererseits wissen wir Mittel, um das entgegengesetzte Extrem dieser Farbe, nämlich helles Lila, das wir bei eigentlichen Dunkelfröschen niemals sahen, beliebig herzustellen: man braucht nur lebende Frösche $^{1}/_{2}$ Stunde in der Sonne bis zum vollständigen Ausbleichen ihrer Netzhaut zu halten und so lange in's Dunkle zurückzubringen, bis die ersten Spuren der Regeneration bemerkbar sind; dann hat sich statt Sehweiss wieder Purpur, aber erst sehr wenig, ge-

bildet, und die Netzhaut ist blass-lila. 20—30 Min. sind dafür in der Regel die richtige Zeit, etwas später ist die Farbe schon hell-rosa. Da neben blassen lila und rosa, sowohl grüne, wie graue Stäbchen so gut, wie in der tiefer gefärbten Netzhaut, existiren können, so wird die grosse Mannigfaltigkeit der Farbe, welche die Stäbchenfläche im Ganzen darbieten kann, verständlich, und wenn man die veränderlichen Grade der Durchsichtigkeit im Absterben, sowie die Verschiedenheiten des Haftens von Epithelpigment zwischen den Stäbchen, welches vorzugsweise an die Zeit der Regeneration geknüpft ist, hinzunimmt, so begreift man, welche ungeheure Zahl von Nuancen an der Farbe zu beobachten ist, ohne dass sich das Licht an deren Entstehung direkt betheiligte. Unter Mitwirkung des Lichtes, das im Sehgelb noch etwas Neues erzeugt, nimmt die Mannigfaltigkeit selbstverständlich zu.

Das Angeführte gilt, wie kaum zu bemerken nöthig, vorwiegend für die Netzhaut des Frosches und der Kröte, welche durch den Besitz grüner Stäbchen zwischen purpurnen ausgezeichnet sind. Bei Salamandra maculosa fanden wir dieselben nicht.

Es würde zu weit führen noch aller Nuancen zu gedenken, welche chemische Agentien an der Dunkelretina veranlassen, indem sie totale oder partielle Zersetzung bis zum Sehgelb hervorbringen. Wir werden im chemischen Abschnitte darüber Einiges berichten und bemerken hier nur, dass Mittel, welche die Netzhaut durchsichtig machen, wie $NH^3$ z. B. ähnlich wirken, wie Verdünnung des Purpurs oder der farbigen Schicht, also bei sehr tiefer Färbung Uebergang zum Roth, bei schon vorhandenem reinerem Roth Uebergang zu Rosa, bei diesem hingegen Hervortreten des Lila bewirken. Coagulirende und trübende Mittel, namentlich Alaun, machen unbelichtete Netzhäute immer sehr deutlich rosenfarben.

**Spectralanalyse.** — Am Sehpurpur in der Netzhaut haben wir die Analyse vorzugsweise mit Hülfe des objectiven Spectrums durchzuführen versucht, da die gewöhnliche Methode den Absorbenten vor den Spalt zu bringen, nicht zu genügend reinen Bildern führte (vergl. Heft I, S. 50). Die Art, wie Herr *Blaserna* verfuhr, nämlich die Retina mit einem Taschenspectroskope zu besehen, was bei Vervollkommnung des Verfahrens doch immer auf spectroskopische Untersuchung des von der Retina reflectirten Lichtes hinauslaufen würde, halten wir zwar im Beginne solcher Untersuchungen für ganz selbstverständlich und natürlich, aber nicht zur Fortsetzung einladend, weil man damit bekanntlich auch an andern Farben schlecht zum Ziele kommt und höchstens in der Noth dazu greift, vor Allem aber, weil diese Methode starke und sehr wirksame Belichtung erheischt, was hier gleichbedeutend mit Veränderung der zu untersuchenden Substanz war.

Wir breiteten die Froschnetzhäute auf einer horizontal gestellten Glasplatte aus, auf welche wir das Sonnenspectrum nach Reflexion von einem vorn platinirten Spiegel fallen liessen, und legten entweder Milchglas, weisses Papier u. dergl. unmittelbar oder in einiger Entfernung darunter. In andern Fällen wurde die Glasplatte von unten direkt, oder mit Hülfe eines unteren Spiegels betrachtet, Einrichtungen, welche im Wesentlichen der Bequemlichkeit dienten, da uns nur daran lag, die Netzhäute möglichst frisch, mit der natürlichen Befeuchtung, ruhig ausbreiten zu können, was auf den gewöhnlich verticalen Projectionsflächen umständlich war.

Nach einer grossen Zahl solcher Besichtigungen haben wir vornehmlich die früheren Angaben (vergl. I. Heft S. 54) zu wiederholen, nämlich die Absorption vom Gelb bis zum Violet zu constatiren. Keine normale Dunkelretina war so gefärbt, dass sie nicht Violet des Sonnenspectrums merklich durchliess oder reflectirte. Im letzteren Falle haben wir uns durch Vorhalten

eines vor dem Auge gedrehten *Nicol*'schen Prismas überzeugt, dass es nicht von der feuchten Oberfläche reflectirtes violettes Licht war, das man wahrnahm. Es ist ausserdem immer leicht, sich vor dieser Fehlerquelle zu schützen, wenn man das Präparat unter dem Winkel betrachtet, der im unmittelbar benachbarten Blau, im Grün u. s. w. keine entsprechend farbigen Reflexe auf der glänzend schwarzen Netzhautfläche aufkommen lässt. Mit Ausnahme der schon erwähnten, sehr vereinzelt vorkommenden brandrothen, beinahe rein roth erscheinenden Retinae, die bei Fröschen abnormer Weise vorkommen können, haben wir das Violet immer etwa so schwach absorbirt gefunden, wie die Gegend am Gelb, wo die erste und schwächste Beschattung wahrgenommen wird. Es genügt aber die Retina einen Augenblick gut zu belichten, oder sie länger im Spectrum liegen zu lassen, um die Absorption für Violet bedeutend zunehmen zu sehen. Zu dieser Zeit erscheint die Retina reinroth, d. h. sie lässt nur Roth und Gelb bis zum Anfang des Grün durch: es hat sich, so erkennbar, Sehgelb gebildet uud dem Purpur zugemischt.

An den gewöhnlichen, normalfarbigen Netzhäuten ist die Bestimmung der grössten Absorption aus vielen Gründen misslich, einmal wegen der schnelleren Bildung von Sehgelb in den mittleren Theilen des Spectrums, auf die es ankommt, andererseits wegen der sowohl unserem Auge verschieden erscheinenden, wie objectiv verschiedenen Intensität der Einzelfarben. Gegen das Letztere haben wir uns durch den Gebrauch eines scharfen (reflectirten) Gitterspectrums, das bekanntlich das rothe Ende am meisten gedehnt zeigt, zu schützen gesucht, und glauben daher mit annähernder Sicherheit sagen zu dürfen, dass die stärkste Absorption in's Gelbgrün oder in den Anfang des Grün falle; darauf folgen in abnehmender Reihe reines Grün, Blaugrün, Blau, Gelb und Violet. Zwischen den letzteren beiden fällt natürlich die Vergleichung am schwersten. Wer die Versuche wiederholt, wird die beste Bestätigung der eben genannten Reihenfolge in

dem Verhalten sehr blasser, aber unbelichteter (vergl. oben), auch gequetschter Netzhäute finden, denn diese absorbiren Nichts, als das gelbliche Grün, aber mit zunehmender Tiefe der Eigenfarbe Grün, Blaugrün, Blau, endlich Gelb und etwas Violet. Wir rathen hierzu sowohl die im Dunkeln regenerirten Netzhäute der verschiedenen Stadien von gründlich besonnten Fröschen, wie aufeinander gelegte recht dunkle Retinae zum Zerdrücken zu nehmen, welche letzteren das zweifelloseste Resultat geben. Abwaschen in dünner Salzlösung ist bei diesem Verfahren, um Blutspuren in den Gefässen der Hyaloïdea zu vermeiden, in vielen Fällen nothwendig.

Zur weiteren Feststellung der Absorption haben wir noch ein Mittel verwendet, das vielleicht in der Technik der Prüfung von Pigmenten allgemeineren Eingang findet. Es bestand in der Beleuchtung durch spectrale Mischfarben mit Einschluss des auf verschiedene Weise zu bildenden Weiss.

Nach *Helmholtz*'s Entdeckungen erzeugt man Weiss bekanntlich aus 4 Paaren spectraler Farben, und es war zu erwarten, dass man darin die Eigenfarbe der Netzhaut mit grösster Deutlichkeit werde hervortreten sehen, wenn eine der im Sehpurpur enthaltenen in der Belichtung vorkam. In der Ausführung haben wir uns mit grossem Vortheile des von *Helmholtz* construirten verschiebbaren Doppelspaltes (Physiol. Optik. S. 304, Taf. IV, Fig. 2), sowie seiner Anweisungen zur Erzielung eines scharfen Bildes der vereinigten Farben bedient, indem wir das Prisma in grösserer Entfernung vom Spalte im Fensterladen aufstellten, die Linse dahinter setzten, und einen weiten Spalt, der als Object, oder als scharfer Rahmen für das farbige Bild zu dienen hatte, zwischen diese und den Doppelspalt einschoben (l. c. S. 303 Fig. 125). Wir sind nur in dem Punkte zuweilen von der *Helmholtz*'schen Einrichtung abgewichen, dass wir hinter die Oeffnungen des Doppelspaltes nicht eine Linse zum Entwerfen des Bildes, sondern deren zwei verwendeten, was bei Licht von sehr verschiedener

Brechbarkeit den Vortheil hatte, von beiden an demselben Platze Bilder gleicher Schärfe zu liefern, wenn man die Linsen entsprechend verrückte.

Wo das Spectrum klein genommen wurde, oder wo in einem grösseren die Farben so nahe bei einander lagen, dass die Spaltlücken eng zusammenstanden, war es dann nöthig, die beiden Linsen ebenso nahe zusammenzubringen. Durchschnittene Stereoskoplinsen leisteten dazu gute Dienste. Für ausgedehntere Spectra oder weit darin abliegende Theile bedienten wir uns des genannten Doppelspaltes, der dafür zu klein wurde, nicht, sondern benutzten einen hölzernen, auf einem Stabe verstellbaren Rahmen, über welchen soweit Streifen undurchsichtiger, hinten geschwärzter Pappe mit Reisnägeln befestigt wurden, als wir den Durchgang farbigen Lichts verhindern wollten. Es ist zwar ziemlich mühsam diesen Streifen die richtige Breite zu geben und sie genau zu befestigen, aber wir gewannen so eine einfache und wenig kostbare Vorrichtung, die uns das Verfahren soweit auszudehnen gestattete, wie wir wollten. Um die einfarbigen Bilder auf einen zum Arbeiten bequemen Platz zu lenken, reflectirten wir dieselben meist mit zwei für sich verstellbaren, rechtwinkligen Glasprismen nach abwärts, auf eine horizontale, weisse Platte, und wo d i e s geschah, reichte zugleich eine einzige Linse auch für Strahlen der verschiedensten Brechbarkeit aus, indem man nur ein Prisma so vor oder zurück zu schieben brauchte, dass die Projectionsplatte in die betreffende Focalebene fiel. Die Reflexion durch zwei getrennte Prismen geschehen zu lassen, bewog uns übrigens noch ein anderer Grund. Wenn es sich nämlich nur darum handelt, die beiden farbigen Bilder zur vollkommenen Deckung zu bringen, ist das Verfahren des Ueberschiebens, wie in Fig. 1, ausreichend. Wir wollten jedoch mit der Farbenanalyse die unten zu beschreibenden Ausbleichungsversuche am Sehpurpur verbinden und brauchten dazu p a r t i e l l e Deckung der Bilder, so dass die Mischfarbe jederzeit von einem hinreichend breiten

Streifen ihrer Componenten begrenzt wurde. Da jedes Bild, das in letzter Instanz von dem verticalen linearen Objecte des Spaltes ausging, eine ebensolche mittlere, vertical ausgedehnte Partie grösster Intensität hatte, so fielen diese bei partieller Deckung nicht zusammen, sondern so, dass das intensivste Licht der einen Farbe das schwächste der andern deckte. Deshalb wählten wir

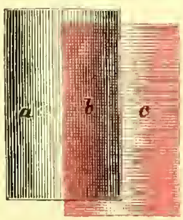



*Fig. 1.*

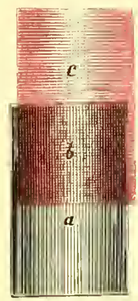



*Fig. 2.*

die durch die Prismen leicht herzustellende Deckung, wie in Fig. 2, worin jedes der 3 Felder (a. b. c.) in der Mittellinie annähernd die grösste zu beiden Seiten für beide Farben gleichmässig abnehmende Intensität hatte.

In sehr vollkommener Weise gelang es zunächst das Weiss aus seinen Complementären zusammenzusetzen. Die Arbeit ist zwar immer mühsam, wenn man es dahin bringen will, dass das Partialweiss von dem zum Vergleiche in die Nähe gelenkten, gehörig gedämpften Tageslichte nicht mehr zu unterscheiden ist, und es gehört bekanntlich sehr gute Wahl der Entfernung des Beobachters, abgesehen von dem Ausschlusse der Ermüdung, dazu; der Erfolg ist aber dafür um so lohnender. Soweit wir im Stande sind über unsere Eindrücke zu berichten, müssen wir behaupten, dass uns jedes so erzeugte Weiss immer beträchtlich heller, wir möchten sagen, ganz über alles Maass heller, als die Vereinigung der beiden Intensitäten es erwarten liess, erschienen ist, als die Bilder der Componenten. Wir hoffen unsere späteren Ausfüh-

rungen zum Belege genommen zu sehen, dass uns die Wahrnehmung nicht getäuscht hat.

1. In Weiss aus Roth und Blaugrün fanden wir die Froschnetzhaut sehr rein und tief roth. Sie zeigte die gleiche Farbe wie das benachbarte reine Roth, in welchem betrachtet die Retina kaum vom Grunde zu unterscheiden war; von Purpur war selbstverständlich absolut nichts zu bemerken. Dieselbe Retina in's blaugrüne Bild gelegt, erschien schwarz. Zinnober erschien in solchem Weiss dunkelroth und Carmin war davon nicht zu unterscheiden.

2. In Weiss aus Gelbgrün und Violet sah die Retina bei richtiger Stellung, so dass von der Oberfläche weder grünliches, noch violettes Licht in's Auge reflectirte, oder durch ein geeignet gedrehtes *Nicol*'sches Prisma gesehen, grauviolet aus. Doch fanden wir einzelne Retinae, die einen grünen Schein behielten: es waren solche, die reich an grünen Stäbchen waren, wie wir sogleich durch das Mikroskop constatirten. Netzhäute vom Erdsalamander und Kaninchen zeigten die Erscheinung niemals. Zinnober war in diesem Lichte farblos, dunkelgrau, Carmin grauviolet, der Retina sehr ähnlich. Wir hielten *Boll*'s Farbenproben (Ber. d. Berl. Acad. Jan.-Heft 1877) neben die Retina in dieses Weiss und fanden seine Fig. 2 identisch grauviolet mit der Farbe der Netzhaut, dagegen Fig. 1 *a*, die mit Zinnober gedruckt zu sein scheint und die Farbe der Dunkelretina wiedergeben soll, davon sehr abweichend und genau so, wie unsern Zinnober. Wurde die Retina kurz in's Helle gehalten, so schlug die Farbe, im combinirten Weiss betrachtet, mehr in das neutrale Grau um, das die genannte Fig. 1 *a* darbot. Längeres Liegen des Präparates in diesem Weiss hatte dieselbe Folge.

3. Haben wir die Retina in Weiss aus Orange und Cyanblau,

4. in solchem aus Gelb und Indig, das am schwierigsten zusammenzubringen war, betrachtet. In beiden sah sie wie von

einem grauen Schleier überzogen aus, mit durchschimmerndem Gelb oder Orange; der graue Schleier war um so dunkler, je mehr reines Gelb, das Orange drang um so mehr durch, je näher dem Roth das zur Combination des Weiss verwendete Orange genommen werden musste. Wie schon oben bemerkt, war Grau gar nicht mehr zu sehen, wenn reines Roth als eine Componente gewählt wurde, und bei der Combination aus Gelbgrün und Violet fanden wir, dass umgekehrt dem Grau sich jetzt sogar die Farbe der stärker brechbaren, im Purpur am wenigsten vertretenen Componente, das Violet, beimischte; sie that es eben, weil sie die einzige in der Beleuchtung mit vorkommende war.

Liessen wir die Retina bis zum Brandroth, Orange, Chamois und Gelb ausbleichen, so traten diese Farben in dem Maasse hervor, als das Weiss dieselben enthielt. Die Stufe Orange wurde in 1) heller roth, in 2) rein grau, frei von Beimischung von Violet, in 3) orange mit ganz leichtem grauen Schleier, in 4) grau, durch welches aber schon sehr deutlich das Gelb durchschimmerte. — Die Stufe Chamois, in 1) immer noch roth, wurde in 2) hellgrau, in 3) immer reiner und heller orange, in 4) reiner gelb, das durch den noch vorhandenen leichten grauen Schleier scheinbar in's grünlich Gelbe überzugehen schien. — Die Stufe Gelb erschien in 1) hellröthlich, in 2) hellgelbgrün, in 3) ganz blass orange und in 4) hellgelb.

Ausser dem Weiss entsprachen unseren Zwecken noch einige andere Mischfarben, vor Allem der Purpur aus reinem Roth und Violet. Unsere Erwartung, dass die Netzhaut darin überaus brillant leuchtend, wie die Farbe des Grundes aussehen werde, hat uns in keiner Weise getäuscht. Dies ist das wahre Mittel, um zu erkennen, dass die völlig unbelichtete Retina purpurfarben und nicht roth ist, und es ist das beste Mittel, weil es bei intensivstem Lichte die längste Betrachtung gestattet, da sämmtliche zur Anwendung kommende Strahlen die geringste zersetzende Wirkung auf den Sehpurpur besitzen. Da wir alle Präparationen

in einem vortrefflich lichtdichten Zimmer unmittelbar neben dem gleichfalls gegen alles ungewünschte Licht geschützten Spectralzimmer vornehmen konnten, so waren wir immer in der Lage, das Folgende treffend zu demonstriren. Wir theilten eine Froschretina in zwei Hälften und belichteten die eine Hälfte einen Augenblick in mässig hellem Tageslichte. Sowie wir sie jetzt in den spectralen Purpur legten, zeigte sich die dunkel gehaltene heller als die belichtete, da bei letzterer nur noch Roth und kein Violet mehr reflectirt wurde, während die Helligkeit des Grundes und der unbelichteten Retina sich aus den Intensitäten des Roth und Violet zusammensetzte. Der Unterschied war ähnlich dem, welchen Zinnober und Carmin in dieser Beleuchtung zeigten, indem der erstere dunkler und stumpf, der letztere wie leuchtend erschien. An der Retina wurden diese Unterschiede schon deutlich, wenn wir im gemeinen Lichte noch keine Ahnung davon haben konnten, wo die um einen Augenblick länger geschützte Hälfte farbensinnigen Personen nicht um die kleinste Nuance verändert erschien, gegen die andere. Das Mittel hatte sich also bewährt und that es um so mehr, je weiter die Differenzen mit der Entstehung der brandrothen Nuance an dem wiederholt belichteten Präparate vorschritten. Im vorliegenden Falle ist es nicht sonderlich merkwürdig, dass Belichtung die Netzhaut dunkler macht, es ist aber auch für gewöhnliches weisses Licht nicht paradox und kann da nach sehr kurzer Einwirkung wohl merklich werden: denn indem der Sehpurpur in's Licht gelangt, schlägt er in's Brandrothe um, weil die Entstehung des Sehgelb beginnt; es wird aber nur ein Minimum Purpur zersetzt und nur so viel Sehgelb gebildet, dass etwas Violet verdunkelt wird, und diese Verdunklung ist bemerkbarer, als die geringe Aufhellung, welche dafür im gelben Lichte erfolgt. So erklärt es sich, wenn gesagt ist, das Roth der Netzhaut könne durch Belichtung auch verstärkt werden.

Unser Auge erhält bekanntlich noch von einem anderen

Farbenpaare die Empfindung Purpur, nämlich von der Mischung aus Roth und Blau. Indem diese Componenten erst Violet geben sollen, letzteres und Roth aber Purpur, hat man es in der Hand, durch Ueberwiegenlassen des Roth eine zweite Art Purpur, die wir Pseudopurpur nennen wollen, hervorzubringen. Nichts kann eindringlicher über die Beschaffenheit des Sehpurpurs belehren, als der Anblick, welchen die Dunkelretina im Pseudopurpur gewährt und als der Gegensatz dieses Bildes zu dem im wahren Spectralpurpur auftretenden. Während die Retina in diesem von der Purpurfarbe der Unterlage so wenig zu unterscheiden ist, dass man in Zweifel über die Grenzen der Membran gerathen kann, wo sie z. B. vom Glaskörper umgeben aufliegt, tritt sie in jenem als schreiend brandrother Fleck hervor, der um so heller ist, je weniger Blau in der Mischung steckt, um so dunkler roth, je weniger vom spectralen Roth genommen wurde. Es liegt in dieser Beobachtung der vollkommenste Gegenversuch zum vorigen und derselbe deckt zugleich ein Verhalten auf, das allen wirklichen Purpurfarben gemeinsam ist. Carmin in Substanz oder in $NH_3$ gelöst erweisen sich hier von gleicher Ordnung, wie der Sehpurpur, denn sie sehen im Pseudopurpur so rein roth aus, wie Zinnober, von dem sie hier gar nicht zu unterscheiden sind. Ein mit deckendem Rosa bedrucktes Papier, dessen Pigment wir nicht kannten, und dem man wohl ansah, dass Carmin daran gespart worden, enthielt dagegen Pseudopurpur, so dass in der gleichen Belichtung sogar Blau herauskam. Lackfarbenes CO-Blut verhielt sich wie Carmin und wie Sehpurpur. Unter fortdauernder Wirkung des Pseudopurpurs zersetzt, nahm die Retina erst heller rothe, endlich grau purpurne Färbung an: sie war in weissem Lichte betrachtet jetzt der Ausbleichung nahe und liess daher das Licht des Grundes nahezu unverändert durch. Hinsichtlich der Wirkung des Pseudopurpurs auf das menschliche Auge wollen wir nicht versäumen zu sagen, dass wir uns zwar nicht getrauen, richtige Mischungen aus Blau und Roth immer

von solchen aus Violet und Roth, also Pseudopurpur von Purpur zu unterscheiden, dass es uns aber niemals gelungen ist, mit der ersteren Combination die Empfindung des spectralen Violet herauszubringen. Derartige Entstehung des Violet wird zwar oft behauptet, aber das stimmt weder mit den Bezeichnungen, welche *Helmholtz* für diese Mischung wählt (Rosa), noch für unsere Wahrnehmungen und kann vermuthlich zum Belege für die historische Vernachlässigung des Farbensinnes vieler Menschenclassen dienen, deren Sünden sich heute auf das Violet concentriren.

## Farbenanalyse der Purpurlösung.

Unter der ausserordentlich grossen Zahl chemischer Mittel, welche wir zum Auflösen des Sehpurpurs versucht haben, fanden wir bisher kein andres, als die Alkalisalze der Gallensäuren, und dass ein andres gefunden werde, wird uns mehr und mehr zweifelhaft. Es liegt dies wol weniger an einer Unlöslichkeit des Stoffes ohne Gleichen, als daran, dass alle Mittel, ausser der Galle, die ihn lösen könnten, es nicht ohne Zersetzung thun; in neuerer Zeit wenigstens wird es wahrscheinlich, dass es Mittel gibt, welche aus dem Sehpurpur im Dunkeln Sehgelb erzeugen und dieses in Lösung bringen. Statt der krystallisirten Galle und des Glycocholats (von gewissen Unregelmässigkeiten des Präparates abgesehen, vergl. Heft 1, S. 43) kann zum Auflösen der Stäbchen auch das Taurocholat oder reines cholalsaures Natron verwendet werden.

Weitere Erfahrungen haben uns gezeigt, dass die Stäbchen und der Purpur von vielen Thieren in Galle löslich und es überall nur so lange sind, als das Absterben keine tieferen Zersetzungen herbeigeführt hat. Ausser vom Frosche, Kaninchen und dem Rinde, gelang es filtrirte Purpurlösungen zu bereiten aus der Netzhaut der Eule, des Aals, des Erdsalamanders und der Kröte; Unterschiede wurden an dem Verhalten dieser Lösungen in keiner Beziehung bemerkt. Die Technik der Herstellung haben wir

vereinfacht, denn es stellte sich, wenigstens für die wärmere Jahreszeit, als besser heraus, die Netzhäute nur 1—2 Stunden mit der Galle in Berührung zu lassen und darauf zu filtriren. Wartet man länger, so scheint der Farbstoff von den Gewebstrümmern wieder fixirt zu werden. Ausserdem haben wir das Epithelpigment weniger fürchten gelernt und geben jetzt auch Netzhäute mit dessen schwarzem Belege in Lösung, unbekümmert um das Durchgehen der feinen schwarzen Körnchen durch das Filter, da sich dieselben nach 12—24 Stunden vollkommen zu Boden setzen, so dass die Purpurlösung klar abpipettirt werden kann. Die Lösungen trüben sich übrigens ausserordentlich leicht durch Bacterien und sind ungemein fäulnissfähig.

Was wir schon von der Farbe der Netzhaut bemerkten, nämlich die Eigenthümlichkeit in grösserer Concentration mehr in's Violette zu schlagen, als bei mittlerer, das haben wir viel schlagender und in wahrhaft erstaunlichem Grade an der Purpurlösung beobachtet und so auffällig, dass wir auf den Gedanken kamen, die Galle verursache Farbenveränderung. Wenn man etwa 30 Froschnetzhäute mit kaum einem Cub.-Cent. Galle behandelt, erhält man einen Brei, der aussieht, wie eine s t a r k e L ö s u n g v o n C a r m i n i n A m m o n i a k, a l s o v i e l m e h r v i o l e t, als roth. Leider ist darin der Sehpurpur nicht in solcher Menge wirklich gelöst, dass das Filtrat dieselbe Farbe erhielte, sondern dieses ist nicht anders, als c a r m i n r o t h zu erhalten, obwohl nichts Violettes oder Blaues auf dem Filter bleibt, wenn man mit Galle nachwäscht. Will man eine tiefviolette und dabei klare Lösung haben, so muss man das Filtrat über $SH_2O_4$ an einem warmen Orte, möglichst schnell, in einem nicht zu weiten Schälchen concentriren, damit sich keine rosenrothen, firnissartigen Ränder bilden. Was man jetzt erhält, hat die Farbe der ammoniakalischen Carminlösung und ist vollkommen klar. Wir haben kleine Tröpfchen solcher Lösung auf Objectträgern über $SH_2O_4$ ganz eingedunstet und dann mit dem Mikroskop betrachtet. Da fan-

den sich in dem festen Firnisse kleine, beinahe schwarze Körnchen, die wir anfänglich für nicht entferntes Epithelpigment hielten, obwohl sie nicht das Aussehen kleinster Krystalle hatten, wie dieses. Als der Firniss jedoch an der Luft, wie es die Galle thut, Wasser anzog, bildeten sich flüssige Augen oder Tropfen darin von tief dunkel violetter Farbe und die schwarzen Körnchen schienen sich zu lösen, und als wir das Präparat ordentlich befeuchtet an die Sonne legten und wieder über $SH_2O_4$ trockneten, war von den schwarzen Körnchen nichts mehr zu sehen. Dieselben konnten also wohl nichts Anderes gewesen sein, als ausgeschiedener, fester Sehpurpur.

An der Sehpurpurlösung kann in sehr eleganter und überraschender Weise der Farbenwechsel durch Verdünnung unter vollkommenem Ausschlusse der Zersetzung durch Licht demonstrirt werden. Wir verdünnten die dunkelviolette Lösung mit Wasser und sahen sie anfänglich in's Roth, in richtiges Carminroth schlagen, mit mehr Wasser versetzt, in Rosenroth, weiter in Rosa, später in helles Lila, endlich sehr stark verdünnt, so gut wie farblos werden. Keine Spur von Gelb trat dabei auf. Wer mit durchsichtigen Farben Bescheid weiss, wird hier an das Verhalten lackfarbenen Blutes erinnert, wo man Aehnliches kennt. Es kann schwer sein, zwei mit Aether durchsichtig gemachte Blutproben zu unterscheiden, von denen die eine O, die andere CO enthält, besonders wenn die Sättigung mit CO nicht vollkommen ist; nach 600—1000-facher Verdünnung unterscheidet man die Proben aber sofort und ohne alle Uebung, denn da zeigt sich, wie viel mehr blaues oder violettes Licht das CO-Blut durchlässt, als das andere: das erstere sieht gelblich, das vergiftete wie verdünnter Kirschsaft aus. An der Sehpurpurlösung ist dies ähnlich, nur viel auffälliger, weil das Roth durch Verdünnen weit mehr zurücktritt, der Art, dass man von der lilafarbenen Lösung kaum ahnt, dass sie durch Concentration auch in's Rothe schlagen könne. Wir machten uns selbst

den Einwand, wie man es soll und wie es dem Wesen alles experimentellen Vorgehens entspricht, die Verdünnung mit Wasser könne die Farbe chemisch ändern, aber die Sache war auch beim Verdünnen mit Galle, statt des Wassers, nicht anders und als wir die lilafarbene Lösung eindunsteten, wurde sie so rosa und später carminfarben, wie sie es vor der Verdünnung gewesen war. Da bekanntlich viele rothe Farbstoffe die Eigenthümlichkeit haben, in alkalischer Lösung violette, in saurer mehr rein rothe Nuancen anzunehmen und die Cholate alkalisch zu reagiren, haben wir die oben erwähnten Versuche mit cholalsaurem Natron angestellt, das einen Ueberschuss der freien Säure gelöst enthielt. Hiermit konnte man die Stäbchen und den Purpur eben so gut auflösen und die Nuancen wurden dann keineswegs geändert. Unten wird gezeigt werden, dass der Sehpurpur in die Classe der durch Säuren und Alkalien hin und her veränderlichen Farbstoffe überhaupt nicht gehört.

Ganz anders wie das Erblassen durch Verdünnung geschieht das Ausbleichen der Purpurlösung im Lichte, denn da handelt es sich um eine Zersetzung und die Farbe macht alle Nuancen der belichteten Retina durch, vom Purpur in's Roth, Orange, Chamois, Gelb, zum Farblosen. Ob die Farben alle zur Erscheinung kommen, hängt von der Intensität und Zersetzungsfähigkeit des Lichtes ab, das in diffuser Tagesbeleuchtung nicht immer gerade so ist, wie man es wünscht. Wir können ein gutes Mittel angeben, sich unabhängig von diesen Zufälligkeiten zu machen. Man braucht nur etwas Purpurlösung soweit zu belichten, dass sie gut gelb ist, was immer leicht gelingt, und damit unbelichtete Lösungen verschiedener Concentrationen mehr oder minder zu mischen. So haben wir aus tiefvioletten Flüssigkeiten Carminroth, mit mehr Sehgelb ein tieferes Brandroth, aus rosafarbenen und vollends mit bis zum Lila verdünnten Lösungen, Orange und Chamois erhalten. Damit klärt sich die Natur der Zwischenstufen, besonders der letzteren, etwas sonderbaren, in

unserer Sprache schwer zu bezeichnenden, völlig auf und es hat darum jetzt keinen Sinn weiter, beim belichteten Sehpurpur von mehr als drei, nach oder neben einander entstehenden und vorhandenen Stoffen zu reden. Der Sehpurpur, durch Licht zersetzt, gibt nur ein gefärbtes Product, das Sehgelb, welches in verschiedenem Grade mit noch unzersetztem Purpur gemischt, zu allen beobachteten Zwischenstufen der Netzhautfärbung führt. Das Sehgelb geht endlich durch Belichtung in eine gänzlich farblose Substanz, in Sehweiss über, von welchem sich noch zeigen wird, dass es durch einige optische Eigenthümlichkeiten zu erkennen ist.

Da in der Retina einiger Thiere (Frosch, Kröte) auch grüne Stäbchen vorkommen, so haben wir nicht unterlassen auf etwaige grünliche Nuancen Acht zu geben, die sich aus Sehgelb und minder rothen Nuancen des Purpurs hätten bilden können. Wir haben indess nie etwas darauf Deutendes gesehen, obwohl wir es anfänglich für denkbar hielten, dass der Purpur kein einfacher Körper, sondern ein Gemisch aus rothen und violetten, selbst blauen Stoffen sei. Photochemische Zersetzung mit Bildung eines rothen und eines blauen Körpers war ausserdem noch denkbar, selbst wenn man den Purpur für einfach hielt, und wenn der rothe zu Sehgelb wurde, konnte dieses immerhin durch Mischung mit dem andern blauen Spaltungsproducte zu Grün führen. Es wurde aber nichts der Art an Mischungen beobachtet, die wir mit den in verschiedenster Weise belichteten und darauf zusammengegossenen Purpurlösungen vornahmen. Das beschränkte Vorkommen der grünen Stäbchen in der Thierreihe und die unten folgenden Erfahrungen über ihre Entstehung sprechen endlich gegen die obengenannte Auffassung.

Setzt man zu einer am Lichte vollkommen entfärbten Purpurlösung sehr wenig unzersetzter, also zu überschüssigem Sehweiss Spuren von Sehpurpur, so wirkt dies genau, wie blosse Verdünnung, indem die Mischung lila oder rosa wird. Dies be-

weist, dass der Sehpurpur unter den gelösten Körpern an sich lichtempfindlich ist und nicht secundär durch irgend einen andern am Lichte sich erst bildenden, farblosen Stoff unter Entfärbung zersetzt wird.

Früher (Heft I, S. 48) wurde schon bemerkt, dass man in der Purpurlösung aus Froschnetzhäuten kein Hämoglobin finde. Dies hat sich seither aufgeklärt, denn es liegt hauptsächlich an der ziemlich schwierigen Löslichkeit der Froschblutkörperchen in Galle der von uns benutzten Concentration. Ausserdem mag der Schutz, den die umgebenden Gefässwände gewähren, von Bedeutung sein. Oft genug fanden wir in den Netzhautfetzen auf dem Filter wohl erhaltene Blutkörperchen in dem bekannten zierlichen Gefässnetze der Hyaloïdea liegen. Die Netzhäute vor dem Einlegen in Galle etwas in dünner Salzlösung abzuschwenken, bleibt jedoch rathsam.

Um die **Spectralanalyse der Purpurlösung** vorzunehmen, haben wir zwei Methoden befolgt: die Beobachtung in den Einzelfarben des objectiven Spectrums und die gewöhnliche des Vorschiebens vor das gesammte in den Spalt dringende Licht. Wir erörtern die erstere zunächst.

Das scharfe Sonnenspectrum wurde wieder durch Reflexion auf einer weissen, horizontalen Porzellan- oder Milchglasplatte entworfen, über welcher das kostbare Material möglichst sparsam auszubreiten war. Dies geschah indem wir aus derselben Capillarröhre Tropfen aus gleicher geringer Höhe auf eine besonders sorgfältig geputzte Glasplatte, in einer Reihe, mit möglichst kleinen Zwischenräumen fallen liessen. Da sämmtliche Tropfen annähernd denselben Umfang und gleiche Höhe hatten, so war damit Alles erreicht, was sich wünschen liess, und wir haben so mit unerwarteter Deutlichkeit dieselbe Absorption, wie an der Netzhaut constatiren können, nur noch um Vieles schlagender. Besah man den ziemlich durchsichtigen Milchglasstreifen, der die Tropfenplatte trug, von unten, so hatte man auf dem Spec-

trum im rothen und violetten Ende einige kaum bemerkbare Flecken, im Gelb einen hellgrauen und im Ende des Blau einen dunkelgrauen, dazwischen eine Reihe schwarzer Flecken. Durch die farblose Glasplatte allein und von unten betrachtet, sahen die Tröpfchen wie eben so viele rothe, violette, graue und schwarze Perlen aus, deren Verhalten sich aber alsbald in charakteristischer Weise änderte. Ueberraschend zierlich liess sich hier die Absorptionsänderung durch Belichtung zeigen, besonders im Violet. Wir setzten auf getrennte Glasstückchen Tropfen des klar gelösten Purpurs, hielten die einen kurz in's Tageslicht und schoben sie darauf neben den anderen in's violette Spectralende. Nun sahen die ersteren beinahe schwarz, die letzteren hellviolet aus und ähnlich auffallend war der Unterschied an den Schatten auf einem unter die Plättchen gehaltenen Papierblatte. Als diese Tröpfchen durch das ganze Spectrum bis in's Roth geführt wurden, erschienen sie in Blau und Grün gleich dunkel, aber wo das Grün anfing gelblich zu werden, schlug dies in's Gegentheil um, die belichteten wurden heller, die andern dunkler, und so blieb es mit abnehmender Deutlichkeit bis nahe an D, während darüber hinaus beide gleichmässig die Farben des Grundes, Orange und Roth, annahmen. Wir haben den Gang der Ausbleichung nach fortgesetzter Einwirkung des weissen Lichtes in Bezug auf die Absorption weiter verfolgt und constatirt, dass dieselbe im vorletzten Stadium nur noch im Indig zu bemerken ist, wo sie mit den letzten Spuren erkennbaren Sehgelbs endlich ebenfalls schwindet.

Zur Untersuchung des Absorptionsspectrums nach dem gewöhnlichen Verfahren liessen wir ein kleines doppeltes Hohlprisma (Fig. 3) aus Glasstreifen und Platten mit Canadabalsam zusammenkitten, das im Ganzen nicht mehr als 1,5 Cub.-Ctm. zur Füllung bedurfte. Zuerst wurde eine viereckige Glasplatte von 28 und 17 Mm. Seite mit dem längeren Rande gegen einen farblosen Objectträger gekittet, an den 3 übrigen Seiten mit

Glasrahmen von 4 Mm. Höhe umgeben und diagonal durch einen ebensolchen Glasstreifen getheilt. Bis auf den entsprechenden Ansatztheil am Objectträger und den gegenüberliegenden Rand des Kästchens wurde aussen Alles geschwärzt, so dass man nur durch die lange Seite des Kästchens und durch einen Streifen der Glasplatte, vor welchem Nichts absorbirt wurde, sehen konnte. Die optisch nutzbare Höhe des kleinen Doppelprisma betrug 3 Mm., die Länge 25 Mm. und die grösste nutzbare Dicke der eingefüllten Flüssigkeit 14 Mm. Wir füllten das vordere Prisma mit der zur Gewinnung des Purpurs dienenden farblosen Galle, das hintere mit der Purpurlösung, und befestigten den von einer Klemme an dem Objectträger gefassten Apparat an einem Stative so vor dem Spalte eines gewöhnlichen Spectralapparates, dass der Purpurkeil, dessen prismatische Wirkung durch das umgekehrt vorliegende Galle-Prisma aufgehoben wurde, vor dem Spalte horizontal verschoben werden konnte. In solcher Weise konnten nach einander dünnste und dickste Schichten bis zum Durchmesser von 14 Mm. auf die Absorption geprüft werden. Um den Purpur während der Untersuchung so wenig wie möglich durch Licht zu zersetzen, wurde die ganze Vorrichtung in's Dunkelzimmer hinter den Spalt im Fensterladen gesetzt, durch welchen gerade ausreichendes, zerstreutes Himmelslicht vom Heliostaten einfiel. Ausserdem wurde noch die freie Oberfläche der Lösung durch einen schwarzen Deckel geschützt. So war es möglich zuvor ein gutes, im Violet hinreichend helles Spectrum herzustellen und dasselbe ohne Uebereilung nach dem Durchgange des weissen Lichtes durch den Purpur in bekannter Weise zu untersuchen.



*Fig. 3.*

Bei allmähliger Verschiebung des Absorptionskästchens zeigte sich, dass die erste bemerkbare Beschattung in den Anfang des Grün vor E fällt, also da, wo dieses noch etwas gelblich

ist; mit wachsendem Durchmesser der Schicht nahm die Absorption mehr gegen das Grün und Blau, als gegen das Gelb zu, stieg dann sehr plötzlich im Blaugrün und erstreckte sich weiter in's Blau hinein. Zur Beschattung des Violet kam es bei der Concentration unserer Lösungen gar nicht, so wenig wie im Orange und im Roth. Nach partieller Zersetzung durch Belichten der Lösung von oben, sahen wir bei der Stellung des Keils, welche die erste Beschattung im Gelbgrün darbot, zuerst das Violet etwas verdunkelt, während der erstere Schatten wich, das Gelbgrün also heller wurde, und als wir jetzt die dickste Stelle des Keiles vorschoben, wurde Violet ganz ausgelöscht. In dieser Stellung wurde die Ausbleichung bis zum Ende geführt und man sah darauf der Reihe nach die Farben Gelb, Grün, Blau, und nach diesen das äusserste Indig und Violet aus der Verdunklung wieder hervortreten.

Wir haben endlich noch die Purpurlösung im partialen aus zwei Complementären gebildeten Weiss und in den Mischfarben, deren schon bei der Retina gedacht wurde, besonders im Purpur beleuchtet. Da das Verhalten ganz so wie bei jener war, so beschränken wir uns auf die Anführung der Uebereinstimmung.

## Rückblick auf die Ergebnisse der Farbenanalyse.

Wem die Empfindung nicht sagt, welche Farbe die Retina eines im Dunkeln gehaltenen Auges hat, dem empfehlen wir aus den mitgetheilten Feststellungen über die Absorption des Lichtes im Sehpurpur das Facit zu ziehen. Er wird dann einsehen, dass es sich da um Etwas handelt, worüber nicht zu streiten ist, und dass es nichts Unverständigeres geben kann, als das Urtheil über diese Farbe von der Abbildung eines wie immer begabten Künstlers abhängig zu machen, dessen Aufmerksamkeit nicht darauf gelenkt worden, dass er eine Farbe copiren solle, welche bereits in der Nuance verändert ist oder es im nächsten Augenblicke und lange vor dem auffälligeren Abblassen sein wird. Ausserdem verwahren

wir uns gegen Einwendungen, welche aus Besichtigungen mit dem Taschenspectroskope oder gar mit einer der bis jetzt sehr unvollkommenen Einrichtungen, die als Spectroskope mit dem Mikroskope verbunden dienen, hergeleitet werden, denn wir haben gute Gründe gehabt, auch das letztere Mittel, nachdem wir es versucht hatten, zu verwerfen.

Da es sich bei der Retina und dem Sehpurpur um Absorptionsfarben handelt, so kommen nur die Empfindungen in Betracht, welche die nicht absorbirten Farben in unserem Auge erzeugen. Absorptionsfarben entstehen objectiv durch Subtraction vom weissen Lichte, und wie wir den Körper wahrnehmen, sagt uns ausser der Empfindung selbst die Erfahrung über anderweitig durch Addition hergestellte Mischung der durchgelassenen Farben. Wenn man also den Farbstoff gar nicht gesehen hat, kann man nach Feststellung der Absorption voraussagen, wie er gesehen wird. Wie weit das für den Sehpurpur zutrifft, zeigt die folgende Zusammenfassung.

1. In der grössten Verdünnung oder bei der dünnsten Schicht erkennt unser Auge am Spectrum des durchgegangenen Lichtes keine Absorption; die Empfindung ist weiss, wenn das Licht es ist. 2. Mit steigender Concentration beginnt die Absorption im Gelbgrün, es gehen mit Ausnahme dieser alle Farben durch und das Resultat ist Weiss plus der einen Farbe, deren Complementär fehlt, nämlich Violet; das gibt die Empfindung stark weisslichen Violets, also Lila. Wäre die Netzhautfarbe nur in solcher Verdünnung bekannt, so würde man sie nicht purpurn, sondern einfach violet nennen; sie zeigt aber mit wachsendem Durchmesser der Lösungsschicht Absorptionen in folgender Reihe: 3. Zum Gelbgrün wird das Grün beschattet, die Empfindung wird weisslicher Purpur, oder helles Rosa; 4. Gelbgrün, Grün, Blaugrün werden absorbirt, die Empfindung ist Rosa mit mehr Roth als in 3; 5. dehnt sich die Absorption auf das Cyanblau aus, die Empfindung wird Rosa mit noch mehr vorherrschendem

Roth, weil Indig und Gelb noch Weiss geben, Roth, Orange, und Violet übrig bleiben; 6. werden ausser den Vorigen Gelb und Indig absorbirt, die Empfindung wird beträchtlich gesättigter, da kein Weiss gebendes Paar mehr übrig ist, es bleiben Roth, Orange und Violet, die Empfindung ist die eines Purpurs mit stärker ausgesprochenem Roth; 7. Absorption aller Farben, wie bisher, aber von D nach C übergreifend; dies kommt in der Empfindung dem Violet des Purpurs zu Gute und derselbe nimmt die fast bläuliche, stark violette Nuance an, die man an der Retina des Frosches seltener, oft an der des Aals und der Eule, am schönsten und constant an der durch Eindunsten concentrirten Auflösung des Sehpurpurs vom Frosche sieht. Wir haben uns an diesen Objecten in der That überzeugt, dass sie in's rothe Ende des objectiven Spectrums gebracht, Absorption bis tief in's Orange zeigen, nämlich in dem Zwischenraume von C bis D, schon etwas vor dem letzten Dritttheile des an D grenzenden Abschnittes beginnend.

Wie es hat geschehen können, dass die vorstehenden Wahrnehmungen nicht überall direct gemacht wurden, glauben wir zu verstehen, wenn wir annehmen, dass nicht immer mit grösster Sorgfalt auf die Präparation der Retina im wenigst wirksamen Lichte geachtet oder das Besehen am Lichte nicht zeitig genug beendet wurde. Wenn man den ersten Umschlag aus Purpur in Roth daran gibt, ist freilich immer noch so viel auffällige Färbung an der Netzhaut wahrzunehmen, dass man ohne eingehende Erfahrungen glauben kann, Alles oder das Wesentliche gesehen zu haben. Dem ist jedoch nicht so und wir hoffen mit dem Folgenden zu zeigen, dass das Verhalten des Sehpurpurs im Auge und am Lichte nur verständlich wird, wenn man weiss, dass sogenanntes Sehroth schon ein photochemisches Zersetzungsproduct enthält und durch Verunreinigung des Purpurs mit den ersten Antheilen von Sehgelb entsteht.

## Von der Fluorescenz der Retina und des Sehpurpurs.

Aus *Helmholtz*'s Untersuchungen (Pogg. Ann. XCIV.) ist die weissgrünliche Fluorescenz der menschlichen Retina im ultravioletten Lichte bekannt. Später wurde von *Setschenow* (v. Gräfe's Arch. V. 2.) dasselbe Verhalten auf *Helmholtz*'s Veranlassung an der möglichst frischen Netzhaut des Ochsenauges festgestellt.

In der Herstellung möglichst reinen ultravioletten Lichtes sind wir ganz den *Helmholtz*'schen Vorschriften gefolgt und wir haben die meisten unserer Versuche gleichfalls mit einem vorn versilberten Heliostatenspiegel ausgeführt. Spiegel von Neusilber, welche jetzt mehr zur Reflexion der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes empfohlen werden, boten uns keine Vortheile; doch mag der Schliff des unsrigen nicht vollkommen genug sein. — Um es kurz zu sagen, nahmen wir einen ersten, mehr als 1 Centimeter weiten Spalt im Laden, eine Quarzlinse, dann das Quarzprisma, in welchem die optische Axe den einen Winkel von 50° halbirte, unter Benutzung eines der anderen nicht doppelbrechenden Winkel von 65°, und stellten die Combination so auf, dass das Bild des ersten unreinen Spectrums auf eine Ebene dicht hinter dem Prisma fiel. Hier war der zweite Spalt so eingeschoben, dass der vorgehende Rand gerade an das Ende des Violet fiel. Dahinter befand sich das zweite Quarzprisma und hinter diesem die zweite Linse kürzerer Brennweite aus Quarz. Ueberall, wo es nöthig war, wurden grössere schwarze Schirme zum Schutze gegen zerstreutes und reflectirtes Licht aufgestellt und ein letzter Schirm angewendet, um am Orte des ultravioletten Bildes abzublenden, was noch an Licht vom andern Spectralende stören konnte. Wir erhielten so auf Chinin, Aesculin, Fluorescin u. s. w. die herrlichsten Fluorescenzerscheinungen, und sahen mit derselben Ueberraschung, wie Andere vor uns, die ungemein auffällige, blaue Fluorescenz der Linse im lebenden Auge des Menschen, welche das Ansehen einer ausgebildeten Cataract hervorruft. Das reinste Ultra-

violet, das wir darzustellen vermochten, war übrigens nicht ganz so frei von langwelligem Lichte, als wir erwartet hatten, denn wenn wir es direkt mit einem Prisma oder mit dem Taschenspectroskope betrachteten, sahen wir immer noch andersfarbiges Licht, in einzelnen Fällen sogar etwas Roth. Dieses Licht war aber ausserordentlich schwach, so schwach, dass man in der Projection auf Papier gar nichts davon bemerkte, und jedenfalls zu schwach, um Täuschungen veranlassen zu können. Wenn von der Farbe des Sehpurpurs und anderer rothgefärbter Objecte absolut nichts in dem Lichte zu erkennen war, glaubten wir darüber beruhigt sein zu können. Einige Vorversuche belehrten uns über die Fluorescenz fast aller zur Hand befindlichen Dinge. Unter thierischen Gebilden zeichneten sich Sehnen, Fascien, Elfenbein, Knorpel in abnehmender Reihe, dann die Fingernägel, unsere Haut durch bläuliche Fluorescenz aus. Sehr schwach war dieselbe am frischen Querschnitte des Froschmuskels und mehr in's Grünliche spielend. An der Cornea des lebenden Auges sahen wir nur mässiges Leuchten, wie es beschrieben wird. Zur Unterlage für die Retina fanden wir, wie Andere, nichts Geeigneteres, als mattes Porzellan, obwohl dasselbe nicht ganz frei von Fluorescenz war. Um uns vor Verwechslung reflectirten Ultraviolets mit solchem, namentlich bläulichem Lichte, das durch Fluorescenz entstand, zu schützen, wandten wir wieder das *Nicol*'sche Prisma an, das vortheilhafter als Canarienglas diente.

Unbelichtete Netzhäute vom Frosch, Kaninchen, Rind und Schwein zeigten niemals die von *Helmholtz* entdeckte weisslich grüne Fluorescenz, sondern verbreiteten **weisslich blaues** Licht. Erst nach der zersetzenden Einwirkung des Tageslichtes trat das bisher bekannte weisslich grüne Licht auf, um so kräftiger, je vollständiger die Bleichung des Netzhautpurpurs erreicht war, und dann so intensiv, wie es schwerlich bisher gesehen sein dürfte. Abnahme des zerstreuten blauen Lichtes ist jedoch schon bemerkbar, wenn der Purpur in Orange umschlägt, deutlicher, wenn nur

Sehgelb sichtbar ist, am deutlichsten beim reinen Sehweiss, wo nur noch das grünlich-weisse Leuchten wahrzunehmen ist. An der Froschnetzhaut ist das blaue Leuchten nicht so rein, wie bei den Säugern, schon etwas ins Grünliche gehend und im Ganzen auch etwas schwächer. Auftrocknen der Membranen macht hier, wie bei den andern Netzhäuten die Erscheinung auffälliger, die Fluorescenz intensiver, sowohl bei erhaltenem, wie bei gebleichtem Purpur; die Aenderung der blauen zur grünen Fluorescenz erfolgte jedoch wie an den feuchten Objecten, wenn die Bleichung glückte.

In der Retina dürften nach unsern Erfahrungen zweierlei fluorescirende Schichten anzunehmen sein: die Stäbchenschicht und die gesammten vorderen Retinalgewebe. Die letzteren fluoresciren unter allen Umständen bläulich, aber immer sehr viel schwächer als die Stäbchen, gleichviel ob diese farbig oder gebleicht sind. Schabten wir im Natronlichte die Stäbchen an einer Stelle möglichst fort, so war der Ort im Ultraviolet sofort daran zu erkennen, dass er schwächer leuchtete und nach bleichender Belichtung erkannte man ihn nicht nur daran, sondern auch an der Farbe, als bläuliche, dunklere Insel in grünlichem Grunde. Es ist daher zur Erkennung des Helmholtz'schen Phänomens keineswegs gleichgültig, welche Seite der Retina dem erregenden Lichte zugewendet wird, denn das weisslich grüne Leuchten ist bezüglich der Farbe weniger deutlich, wenn die vorliegenden Schichten auch blaues Licht aussenden, vollends in der getrübten, todten Retina der Säugethiere.

Nach dem Gesagten wird man kaum zweifeln, dass die Fluorescenzunterschiede dunkel gehaltener und belichteter Retinae durch den Sehpurpur und dessen photochemische Zersetzungsprodukte bedingt werden. Wir haben die Erscheinung an der abgeschabten Netzhaut, wie erwähnt, ausbleiben oder sehr geschwächt gesehen; aber wir konnten sie an den abgeschabten Stäbchen mit der grössten Deutlichkeit bemerken. Es genügt, die nach sanftem

Streichen mit der Kochsalzlösung von der Ochsenretina ablaufende, von Stäbchen erfüllte, trübe Flüssigkeit zu nehmen, um daran, so lange sie farbig ist, die bläuliche, sobald sie verfärbt oder entfärbt ist, die grünliche Fluorescenz zu sehen. Dies war selbst ohne Unterlage und ohne einschliessendes Glas, kurz ohne alle die Dinge zu sehen, die etwa ausserdem fluoresciren konnten, nämlich an hängenden und fallenden Tropfen. Eintrocknen der Masse verstärkte die Erscheinung hier ebenfalls. Unter allen Umständen wurde endlich die grünliche Fluorescenz intensiver gefunden, als die bläuliche.

Hiermit war jetzt ein kostbares Mittel gefunden, um nicht allein dunkel gehaltene Retinae ohne nennenswerthe photochemische Aenderungen betrachten und auf den Zustand ihres Purpurs untersuchen zu können, sondern auch um das Sehweiss, für dessen Erkennung es bisher kein Mittel, als das nur unter gewissen noch unbewiesenen Voraussetzungen geltende der Regeneration durch das Retinaepithel gab, an Ort und Stelle anzuzeigen.

Was das Ultraviolet in dieser Hinsicht leistet, sahen wir sofort, als wir ein altes, trockenes, auf der mit Alaun behandelten Kaninchennetzhaut befindliches Optogramm, das vielfach ohne Schonung gezeigt und am Lichte fast verschwunden war, hinein hielten: es kam darin, wie augenblicklich entwickelt oder hervorgezaubert, mit erstaunlicher Deutlichkeit zum Vorschein, die belichteten Theile der Figur hellgrünlich leuchtend, die dunkleren viel matter und den immer noch etwas b l ä u l i c h grünen Schimmer zeigend. Wir halten es daher für nicht zu gewagt, das Ultraviolet als Mittel zu empfehlen, um geringe Differenzen belichteter und beschatteter Theile auf der Netzhaut zu unterscheiden, also da, wo unser Auge im gemeinen Lichte die ersten Spuren des Optogramms noch nicht bemerkt, oder da, wo die Zeichnung, wie an dem verdorbenen Optogramme, durch zu starkes Ausbleichen fast unkenntlich geworden ist. Im Augenblicke waren wir durch den Wunsch, die sonnige Jahreszeit für andere uns ge-

rade wichtigere Dinge auszunutzen, verhindert, die Methode nach dieser Richtung weiter auszudehnen und wir bemerken daher für Diejenigen, welche sich ihrer bedienen wollen, dass in Fällen, wo die Unterscheidung der bläulichen und der grünlichen in einander übergehenden Farben noch so schwach sein mag, die Intensität der Fluorescenz immer noch über locale photochemische Zersetzungen der Stäbchenfarbe entscheidet.

Von besonderer Bedeutung scheint uns der mit der Fluorescenz zu führende Nachweis, dass das Sehweiss die Grenzen der Stäbchenschichte nicht verlässt, also nicht darüber hinaus in die vorderen Gewebsschichten eindringt. Wurde eine vollkommen an der Sonne entfärbte Netzhaut mit intensiv weissgrün leuchtender Rückfläche stellenweise der Stäbchen beraubt, so erkannte man dies im Ueberviolet sofort an der viel geringeren Helligkeit und an dem mehr bläulichen Glanze der defecten Stellen. Da von den Stäbchen beim Abstreifen vorzugsweise die Aussenglieder fortgehen, halten wir es zugleich für wahrscheinlich, dass das Sehweiss nicht weit und in keinen grösseren Mengen in die Innenglieder dringt.

Seit man die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht an der isolirten Retina kennt und seit man weiss, dass es da eine lichtempfindliche, die Farbe verlierende Substanz giebt, wird sehr allgemein angenommen, dass die ungemein langsame Ausbleichung der Retina im Leben auf demselben Vorgange beruhe, und die Hypothese ist deshalb auch zulässig, weil man im Epithel der Retina den Regenerator kennt, der die grosse Resistenz des Purpurs im Leben gegen Licht bewirken und die Schwierigkeit der vollständigen Entfärbung erklären kann. Man ist jedoch mit befremdender Leichtigkeit über den Umstand hinweggegangen, dass der Sehpurpur und das Epithel sich möglicher Weise im Leben anders verhalten können, und scheint ganz vergessen zu haben, dass im lebenden Auge auch die Resorption, wenigstens an so langsamen Vorgängen, wesentlichen Antheil haben

kann. Wir wissen darüber wenig, aber Das ist erkennbar, dass Blutfülle und Strömung im belichteten Auge andere sind, als im dunkel gehaltenen. Uns war es freilich auch nicht besonders wahrscheinlich, dass der Sehpurpur im Leben auf Lichtwirkung anders, als durch Zersetzung am Orte schwinde, aber wir finden den Beweis unumgänglich, dass dies die einzige Ursache sei. Nachdem *Michel* ein menschliches Auge von normaler Sehschärfe nach mehrstündiger Verdunkelung purpurfrei gefunden hat (Centralbl. f. d. Med. Wiss. 1877 Nr. 24), weiss man zum mindesten, dass der Sehpurpur nicht ausschliesslich durch Licht aus den Stäbchen schwinden kann.

Mittelst der Fluorescenz hofften wir über die Frage entscheiden zu können, ob die Stäbchen *intra vitam* das photochemische Zersetzungsprodukt des Sehpurpurs in derselben Weise, wie die der isolirten Netzhaut nach der Bleichung durch Licht enthalten. Zu dem Ende wurden Froschretinae, die nach dem Herausnehmen auf einer Glasplatte bis zur Farblosigkeit besonnt waren, und solche, welche im lebenden Frosche durch längeres Aussetzen in besonnte Aquarien ihre Farbe verloren hatten, im Ultraviolet verglichen. Das Ergebniss bestand in einer erheblichen Differenz: während die ersteren das bereits geschilderte Verhalten zeigten, kräftiges grünliches Leuchten, war an den letzteren das Licht bedeutend schwächer und die grünliche Farbe wenig wahrnehmbar über dem bläulich durchleuchtenden Grunde der vorderen Schichten.

Hiernach ist ein Verlust von Schweiss in den Stäbchen des lebenden Auges nach hinreichender Belichtung unzweifelhaft und man wird dies kaum anders, als durch Resorption bedingt, auffassen können. Wir sind jedoch nicht der Ansicht, dass solche Aufsaugung die photochemisch zersetzlichen Stoffe im unveränderten, noch unzersetzten Zustande treffe, denn zwischen den Netzhäuten von Fröschen, die gerade ausgebleicht waren, und solchen, welche statt $^1/_2$ Stunde eine ganze, zwei und mehr

Stunden im Lebenden in der Sonne verweilt hatten, gab es Unterschiede zum Nachtheile der letzteren, und wir zweifeln selbst, dass es durch tagelange Besonnung gelinge, die Stäbchenfluorescenz vollständig zu tilgen. Wir sehen in dem Gange der weiteren Untersuchungen über das physiologische Verhalten des Sehpurpurs eine Eventualität voraus, wo die Unterschiede zwischen isolirt gebleichten Netzhäuten, welche kein Material einbüssen können und solchen, welche von strömenden Säften beeinflusst werden, von Bedeutung werden können.

Unsere Erfahrungen über die Fluorescenz der menschlichen Netzhaut sind z. Z. leider noch recht unvollkommen, aber wir halten es für geboten, so viel davon mitzutheilen, als wir bis heute an diesem immer nur durch besondere Gunst erreichbaren, kostbaren und wichtigen Materiale festzustellen vermochten. Wie wir an der Netzhaut im Dunkeln gehaltener und getödteter Säugethiere erst die Stäbchenfluorescenz in der unvergleichlich auffälligeren Weise zu sehen bekamen, indem wir den Purpur nach Isolation der Membran, wo kein Schweiss abhanden kommen konnte, am Lichte zersetzten, während alle früheren Beobachtungen von der im Leben bereits gebleichten und darum wenig Sehweiss enthaltenden Retina nur schwache Andeutungen der Erscheinung zu gewähren vermochten, so hofften wir an dem Auge im Dunkeln Verstorbener die *Helmholtz*'schen Angaben besonders deutlich bestätigt zu finden. Ausserdem rechneten wir darauf, an dem Verhalten der Fovea-centralis Einiges über An- oder Abwesenheit der Fluorescenz in den Zapfen zu erfahren, nachdem wir bei der Retina der Schlange (Tropidonotus natrix) eine äusserst schwache und durch Belichtung, wie es schien, weder zu verstärkende noch in der Farbe zu ändernde bläuliche Fluorescenz wahrgenommen hatten. Die bei der Schlange ausschliesslich vorkommenden Zapfen haben indess so kleine Aussenglieder, an denen meist viel Substanz des Pigmentepithels haftet, dass wir von dem überdies negativen Befunde wenig befriedigt,

um so grössere Erwartungen auf die ersten uns zukommenden menschlichen Augen setzen mussten.

Zunächst haben wir nicht das Glück gehabt, die Augen an einem sonnenklaren Tage zu empfangen: wir mussten deshalb die Netzhäute in Stücke zerlegt, zum Theil im Lichte, zum Theil im Dunkeln auf Porzellanplättchen auftrocknen, was unter Verhütung der Fäulniss mit möglichster Geschwindigkeit in Exsiccatoren geschah, welche Gefässe mit Schwefelsäure mit sehr grosser Oberfläche enthielten.

Ueber die Augen ist nach der vom behandelnden Arzte gegebenen Auskunft Folgendes zu berichten: Das Paar Nr. I stammte von einem 36jährigen, an Epilepsie leidenden, in Folge von Pachymeningitis, Leptomeningitis, Encephalitis acuta verstorbenen Manne. Zwei Stunden vor dem Tode (1. Juli, 10 Uhr Morgens) war das Zimmer verdunkelt worden; Abends 8 Uhr wurden die bis dahin verbunden gebliebenen Augen im Scheine eines weit entfernten Talglichtes exstirpirt und in Eis bewahrt. — Der Besitzer der Augen Nr. II starb am 2. Juli, 2 Uhr Morgens in einem schon am Tage vorher dunkel gehaltenen Zimmer. Die Section ergab hochgradige Atrophie und Sklerose des Gehirns nebst einigen encephalitischen Corticalisheerden. Die Augen wurden um 4½ Uhr Morgens bei schwacher Talglichtbeleuchtung exstirpirt, ebenfalls in Eis verpackt und mit Nr. I bis 11 Uhr Morgens desselben Tages uns zur Untersuchung übergeben.

In allen vier Augen war der Purpur merkwürdig schwach entwickelt, bei I schwächer, als bei II, äquatorial überall am schwächsten[1]). Bei II lag die rosafarbene Grenze um 3 mm.,

---

[1]) Anmerkung. Das Verhalten dieser Netzhäute erinnert sowohl an den neuesten merkwürdigen Befund gänzlicher Abwesenheit des Sehpurpurs in einem lange verdunkelten Auge von *Michel* (l. c.), wie an einen früher (Heft 2 d. Unt.) von mir mitgetheilten. An 3 Augenpaaren menschlicher Leichen fand ich nunmehr trotz lange vor dem Tode begonnener Verdunk-

bei I der noch als lila zu erkennende Rand etwa 1 mm. hinter der Ora serrata. Von Nr. I wurde für die hier mitzutheilenden Beobachtungen kein Gebrauch gemacht, weil die Retina an vielen Stellen mit einzelnen oder ganzen Gruppen von Pigmentzellen besetzt blieb. An sämmtlichen Augen fiel die unlösbare Verbindung der Retina mit dem Glaskörper auf und eine andere bisher an so conservirten Augen noch nicht bemerkte Erscheinung, die in der leichten Ablösung grösserer, nur aus zusammenhängenden Stäbchen und Zapfen gebildeter Fetzen bestand. Da die Retinae schon die bekannten cadaverösen Falten zeigten, was wir

---

lung unerwartet geringe Färbung der Stäbchen und bei diesen übereinstimmend am schwächsten in der Gegend des Aequators. In zwei Fällen ist der Verdacht cadaveröser Zersetzung ganz ausgeschlossen, aber ein solcher kann weder gegen den obigen Fall Nro. I noch überhaupt jemals aufkommen, weil ich mich auch bei der menschlichen Retina überzeugt habe, dass längere und intensivste Fäulniss die Membran wohl fast zerfliessen macht, aber bei Ausschluss des Lichtes nicht im Geringsten entfärbt. Ich bin daher sehr geneigt anzunehmen, dass die Regeneration des Sehpurpurs in vielen Fällen allmähligen Verlöschens des Lebens nach Krankheiten vor dem letzten Athemzuge und vor dem abschliessenden Herzschlage bereits stark vermindert oder vernichtet ist, so dass das Leichenauge unter gewissen Umständen in der That die Effecte einer geraume Zeit vor dem Tode stattgefundenen Belichtung noch verrathen könnte. Was mir früher das Unwahrscheinlichste zu sein schien, nämlich dass die Regeneration zuerst in der Aequatorialzone, zuletzt im Grunde des Auges erlösche, Das scheint mir jetzt, nachdem ich solche, in mässiger Entfernung von der Macula lutea und dem Opticuseintritte noch am besten gefärbte Netzhäute 6mal gesehen habe, am Annehmbarsten. Da man nicht wissen kann, wie es um der Regeneration vergleichbare Processe in der Fovea centralis und an den Zapfen überhaupt steht, so muss hinsichtlich des von mir aufgestellten Satzes, dass nur Stäbchen, niemals Zapfen Sehpurpur enthalten, an die älteren Beobachtungen über die constante Farblosigkeit aller Zapfenaussenglieder sämmtlicher Thiere und besonders in der Fovea des Affenauges erinnert werden, welche den am Leichenauge des Menschen zu erhebenden Bedenken nicht unterliegen. Im Uebrigen erlaube ich mir an Diejenigen, welche zu solchen Untersuchungen Gelegenheit finden, die Aufforderung zu richten, Zeichen eines etwaigen Schwindens des Sehvermögens in der Agone möglichst zu beachten. W. K.

der gerade herrschenden sehr hohen Temperatur, welcher die Augen bis zur Exstirpation ausgesetzt waren, zuschrieben, waren wir um so mehr überrascht, an einzelnen jener aus dem Salzwasser mit dem Objectträger glatt herausgefischten Fetzen, Stäbchen wie Zapfen von vollkommenster Erhaltung und in der gewohnten zierlichen Weise angeordnet zu finden.

Das Material von Nr. II wurde in der Weise geordnet, dass wir die beiden sehr gut kenntlichen Maculae mit der nicht durchlöcherten Fovea auftrockneten, die eine am Lichte, die andere im Dunkeln; ebenso wurde mit Stücken der bestgefärbten Zone am Grunde des Auges, sowie mit Streifen von der Ora serrata und mit einzelnen der zarten, nur von Stäbchen gebildeten Häutchen verfahren, deren entsprechende Vorderschichten wir ausserdem noch in Verwendung nahmen. Als am 6. Juli wieder Sonnenlicht zur Verfügung stand, nahmen wir die Untersuchung im übervioletten Lichte vor. Dieselbe ergab sehr schwache, der Farbe nach kaum zu bestimmende Fluorescenz des eingetrockneten Glaskörpers, von welcher wir um so weniger gestört zu sein meinen, weil alle Präparate mit der Rückseite nach vorn und möglichst vor dem Ueberfluthen des Glaskörpers geschützt ausgebreitet waren. Die stärkste und zwar weissgrünliche Fluorescenz war an den gebleichte Stäbchen tragenden oder nur aus Stäbchen bestehenden Theilen zu sehen, die schwächere und bläuliche an den ungebleichten, so wie an den der Stäbchen beraubten, gleichviel, ob dunkel oder im Lichte gehaltenen Stellen, die schwächste am farblosen Theile der Ora serrata, wo vorausgegangene Belichtung auch gar keinen Unterschied bedingt hatte. In der Macula lutea sahen wir am belichteten, wie am dunkel gehaltenen Präparate deutlich bläuliches Licht zerstreut werden, worin sich die Fovea geradezu als dunkler Fleck abgrenzte.

Wir können das eben Angegebene aus mehreren Gründen nur als provisorisch betrachten, denn es fehlte der uns zur Verfügung gewesenen Netzhaut vor Allem der normale Pur-

purgehalt, und hinsichtlich des gelben Fleckes und der Fovea sind wir bei der seltsam leicht erfolgten Ablösung ganzer Gebiete zusammenhängender Zapfen und Stäbchen nicht in der Lage, die Erhaltung dieser Gebilde an den untersuchten Stellen zu behaupten. Wir sind nur des einen Umstandes sicher, dass die Foveae keine Löcher hatten. Mit vollkommener Sicherheit können wir daher nur Das für die menschliche Retina behaupten, dass die Stäbchenschicht der Sitz der stärksten Fluorescenz ist und im purpurnen Zustande bläulich, im gebleichten grünlich und am stärksten fluorescirt, während die vorderen Schichten schwach bläuliche, durch Belichtung nicht veränderliche Fluorescenz besitzen.

Für die Frage vom Sehen des ultravioletten Lichtes mittelst unseres Auges, geben die vorstehenden Beobachtungen kaum Aufschlüsse, schon weil es im Allgemeinen äusserst unwahrscheinlich ist, dass der Chemismus des Sehpurpurs sich an specifischen Farbenwahrnehmungen betheilige. Die *Helmholtz*'sche Annahme, dass wir das Ultraviolet eigentlich wie lichtschwaches Violet, aber modificirt durch die grünliche Fluorescenz der Retina, und in Folge dieser, Lavendelgrau sehen, wird von unsern Befunden ebensowenig berührt, insofern die Fluorescenz der Zapfen mehr in Betracht käme, von der wir noch keine zuverlässige Kenntniss haben. Da man denken könnte, dass die nicht grünliche, sondern schwach bläuliche Fluorescenz der vorderen Retinaschichten Einfluss auf unsere Wahrnehmung des Ultraviolet gewinne, erlauben wir uns an den Einwand zu erinnern, welchen *Helmholtz* aus gleichem Anlasse bereits gegen die Mitwirkung des von der Linse zerstreuten blauen und viel lebhafteren Fluorescenzlichtes gemacht hat, und zu berichten, dass wir von einem intelligenten Manne, dem auf einem Auge die Linse extrahirt war, nur Aeusserungen über seine Wahrnehmung des Ultraviolet vernommen haben, die auf völlige Gleichheit mit der unsrigen schliessen liessen. Leider bestand auf dem andern Auge eine Linsentrübung,

so dass der Betreffende nicht über etwaige Unterschiede der Empfindung an sich selbst urtheilen konnte. Wurde ihm die getrübte Linse ultraviolet beleuchtet, so nannte er seine Wahrnehmung blau.

Obwohl bis heute mit dem Augenspiegel kaum Aufschlüsse über den Sehpurpur erreicht sind, haben wir gern von der Freundlichkeit des Herrn Prof. *O. Becker* Gebrauch gemacht, der an dem genannten, der Linse beraubten Auge einen Versuch machte, die Fluorescenz der Netzhaut ophthalmoskopisch zu erkennen. Das Licht erwies sich zu diesem Zwecke jedoch als zu schwach und es wurde nichts erreicht. Gleichwohl meinen wir erneute Versuche, vielleicht mit minder reinem, nur einmal gebrochenem, intensiverem Ultraviolet an aphakischen Augen empfehlen zu sollen, denn im Falle des Gelingens würde nichts Geringeres, als die Sichtbarkeit des Optogramms im Auge des lebenden Menschen in Aussicht stehen.

Um die Erfahrungen über Fluorescenz der Netzhaut soweit abzuschliessen, als es bei dieser Gelegenheit anging, haben wir noch das Verhalten der Lösung des Sehpurpurs im Ultraviolet beachtet. Wir fanden darin auffallend brillantes blaues Leuchten, aber die an der Sonne gänzlich ausgebleichte Lösung stand der purpurfarbenen kaum nach. Wie sich herausstellte, rührte die Erscheinung von der farblosen Galle her, welche diese Fluorescenz in solchem Grade besitzt, dass die des Sehpurpurs und des Sehweisses darin unkenntlich wird. Da verdünnte Lösungen von cholalsaurem Natron viel geringere blaue Fluorescenz entwickelten, benützten wir diese zur Auflösung des Purpurs und fanden daran, was sich erwarten liess, nämlich Verstärkung des blauen Scheines, so lange der Purpur unzersetzt war, Steigerung der Lichtintensität mit Uebergang in's Grünlichblaue nach der Ausbleichung im Sonnenlichte. Wir müssen jedoch hervorheben, dass die Erscheinungen hier nicht entfernt mit der Deutlichkeit ausgesprochen waren, wie an der Retina oder an der früher erwähnten Stäbchenemulsion.

In der Voraussetzung, dass es die photochemischen Zersetzungsprodukte des Sehpurpurs seien, welche der Netzhaut die stärkste Fluorescenz ertheilen, haben wir den Versuch gemacht, die ultraviolette Beleuchtung als Mittel zu benutzen, um zu erfahren, ob einige Reagentien, welche die Netzhaut und den Sehpurpur im Dunkeln verfärben oder bleichen, daraus dieselben Zersetzungsprodukte erzeugen, wie sonst das Licht. Was wir darüber jetzt mittheilen, kann nur als ein Anfang derartiger Untersuchungen betrachtet werden, denn wir verhehlen uns nicht wie gefährlich es ist Schlüsse zu ziehen, wo eine einzige, wenn auch noch so empfindliche Reaction an die Stelle der zahlreichen, dem Chemiker allgemeiner gewohnten tritt. In der Ueberzeugung aber, dass ein so wichtiger und auf gewöhnlichen Wegen kaum angreifbarer Körper, wie der Sehpurpur, sich seine eigene Methodik erst schaffen müsse, haben wir die folgenden naheliegenden Beobachtungen nicht unterlassen.

Was den Sehpurpur im Dunkeln ändert, pflegt es z. Th. in derselben Weise zu thun, wie das Licht, d. h. erst eine gelbe Materie, dann farblose Substanz hervorzubringen. Der Kürze wegen und um dem Auslande unsere Bezeichnungen zugänglich zu machen, kann man sagen, Rhodopsin werde erst in Xanthopsin, dieses in Leukopsin zersetzt. Wir werden unten über die in dieser Hinsicht brauchbaren Mittel mehr berichten und beschränken uns hier auf die Mittheilung des Verfahrens, welches das einfachste war, um nach Bedürfniss das eine oder das andere Zersetzungsprodukt zu erhalten.

Bekanntlich hat das Chlorzink die Eigenschaft die Fluorescenz vieler Stoffe zu verstärken und so wirkt es auch auf die Schweiss enthaltende Retina. Eine isolirte, am Lichte gebleichte Netzhaut, mit einer dünnen Chlorzinklösung getränkt, sieht im Ultraviolet sofort viel heller und glänzender weissgrün aus, als zuvor. Vorgängiges Behandeln mit Alaun oder Trocknen sind dafür kein Hinderniss. Legt man die purpurne Retina im Dunkeln

in Chlorzink, so wird die Farbe, je nach der Concentration der Lösung in kürzerer oder längerer Zeit gelb, in ziemlich verdünnter Lösung nach 24 Stunden. Das jetzt entstandene Xanthopsin scheint nicht verschieden von dem durch Licht erzeugten zu sein, obwohl es in der Retina sehr langsam, bei intensivem Lichte erst nach einigen Stunden farblos wird. Es ist dies keine Eigenthümlichkeit des Sehgelb, sondern bedingt durch die Fixirung am Substrat, wodurch der Körper weniger lichtempfindlich wird, was, wie unten gezeigt werden wird, durch sehr verschiedene Mittel zu erreichen ist. Im Dunkeln zersetzt Chlorzink das Xanthopsin nicht weiter, die Retina bleibt gelb. Als wir dieselbe im Ultraviolet betrachteten, fanden wir die Fluorescenz so gut wie erloschen: es war nur ein kaum wahrnehmbarer bläulich grauer Schein vorhanden. Wir schliessen hieraus, dass unter den Stoffen, welche in den Stäbchen vorkommen können, nur der Purpur und das Sehweiss fluoresciren, das Sehgelb nicht oder kaum. War Das richtig, so musste die in Chlorzink gelb gewordene Netzhaut nach längerem Liegen und Abblassen am Lichte starke weissgrüne Fluorescenz annehmen, und dies sahen wir wirklich in der auffälligsten Weise eintreten. Wir empfehlen zu dem Versuche das Chlorzink, weil es vor anderen Reagentien die Eigenschaft hat, das Xanthopsin auch nach längerer Wirkung nicht in Leukopsin zu verwandeln, und weil es auf das Rhodopsin nur insofern zu wirken scheint, als es Xanthopsin erzeugt, denn die bläuliche Fluorescenz der Dunkelretina verstärkt es niemals; der erste Erfolg besteht da immer in einer Schwächung, selbst wenn die Netzhautfarbe noch ziemlich roth ist, der letzte beinahe in Vernichtung des Fluorescenzlichtes.

Heft 1. S. 59 wurde schon bemerkt, dass langwelliges Licht die Netzhautfarbe vorwiegend zu gelben Nuancen, kurzwelliges zur Farblosigkeit bringt, wie dies genauer im folgenden Capitel belegt werden soll. Es ist aber hier schon am Orte über die Aenderungen der Retina-Fluorescenz nach monochromatischer

Belichtung zu berichten. Dieselben können damit kurz bezeichnet werden, dass es kein farbiges Licht gibt, welches ausschliesslich Xanthopsin an der frischen Retina erzeugt, denn wenn wir die letztere im spectralen Orange, das sehr langsam und am wenigsten gerade auf das Xanthopsin wirkt, nur so lange hielten, dass eben eine Veränderung der Färbung zu erkennen war, so fanden wir nicht Abnahme, sondern Zunahme der Fluorescenz mit deutlichem Uebergange zur grünlichen Nuance des zerstreuten Lichtes, wie es geschehen musste, wenn neben dem Sehgelb aus diesem schon etwas Schweiss gebildet war. Dagegen fanden wir im violetten und im ersten Theile des ultravioletten Spectrallichtes, welche beide Sehgelb entfärben, ein Mittel, um eine ganz frische Retina so zu ändern, dass darin neben dem noch nicht zersetzten Sehpurpur keine Spur von Sehgelb optisch nachzuweisen war, indem offenbar jede kleinste Menge eben gebildeten Xanthopsins sofort weiter in Leukopsin verwandelt wurde. So brachten wir es dahin, eine Netzhaut nur wenig und ohne Aenderung der purpurnen Nuance durch Licht erbleichen zu lassen, während sich ihre Fluorescenz beträchtlich verstärkt und mehr zum Grün, als zum Blau neigend zeigte.

Zum Schlusse ist hier noch eines Einwandes zu gedenken, der uns durch die bisherigen Untersuchungen über Fluorescenz begleitete: die Stäbchen der Dunkelretina konnten etwas neben dem Sehpurpur enthalten, das fluorescirte und dessen Fluorescenzlicht durch Absorption seitens des Purpur verdeckt wurde; erblich der Purpur, so musste die grünliche Fluorescenz zum Vorschein kommen. Wir müssen in dieser Hinsicht darauf aufmerksam machen, dass es viele rothe und purpurfarbene Stoffe gibt mit lebhaft grüner Fluorescenz, die also ein Licht aussenden, von dem man erwarten sollte, dass es besonders stark absorbirt werde, eben weil die Lösungen solcher Körper im durchfallenden Lichte die complementäre Färbung zeigen. Für manche Stoffe, wie für das Chlorophyll z. B. scheint Etwas der Art auch zuzu-

treffen. An der Retina aber handelt es sich immer um Zerstreuung eines durchaus nicht einfarbigen, sondern, wie schon *Helmholtz* angibt, eines erheblich weisslichen Lichtes, und da gerade dieses, obschon mit grünlicher Nüance, nach dem Erbleichen des Purpurs mit so verstärkter Intensität hervorbricht, ist es recht unwahrscheinlich, dass der Purpur in der dünnen Schicht es vorher zurückgehalten haben sollte. Dass er dazu unfähig ist, lehrt überdies die so viel lebhaftere Fluorescenz einer im violetten Lichte kaum angebleichten Netzhaut. Ausserdem wäre es schwer zu verstehen, wie die Fluorescenz des supponirten Körpers dazu kommen sollte, verborgen zu bleiben, wenn durch Dinge, die wie das Chlorzink wirken und Sehgelb erzeugen, der Sehpurpur zersetzt und eine Farbe übrig geblieben ist, welche so gut wie kein Hinderniss für die Aussendung grünlich-weissen Lichtes bilden kann. So weit wir es absehen können bliebe uns nur der Einwand entgegen zu halten, dass neben dem Sehpurpur ein zweiter durch Licht veränderlicher, farbloser Körper in den Stäbchen praeexistire, der sämmtliche Wandlungen unter gleichen physikalischen und chemischen Einflüssen mit dem Purpur in gleichem Sinne durchlaufe und sich nur an dem Erlöschen seiner Fluorescenz in dem Stadium, wo jener zu Sehgelb wird, durch Annahme des Fluorescenzvermögens zur Zeit, wo das Sehweiss entsteht, zu erkennen gäbe.

Dass diese Fluorescenzerscheinungen von Structurverhältnissen und deren Aenderungen ganz unabhängig sind, lehren einerseits unsere Versuche an der Purpurlösung und falls diese noch nicht für rein genug zu erachten sind, unsere Erfahrung, dass keine Behandlungsweise, welche den Purpur unzersetzt lässt, die Structur dagegen nach allen denkbaren Richtungen verändert, etwas über die Fluorescenz und deren Veränderlichkeit im Lichte vermag. Wir empfehlen zum Belege dessen u. A., die starke Veränderung der Froschnetzhaut, besonders ihrer Stäbchen, in Verwendung zu nehmen, welche Schütteln mit destillirtem Wasser, oder

beliebig wiederholtes Gefrierenlassen bewirken, was im Dunkeln, wie gegentheiligen Angaben gegenüber hervorzuheben leider nöthig ist, keinerlei Aenderung am Sehpurpur erzeugt.

## Von der Zersetzung der Stäbchenfarbe und des Sehpurpurs durch spectrale Belichtung.

Frühere Beobachtungen (Heft I pag. 59) hatten die Thatsache ergeben, dass der Sehpurpur nicht wie so viele seither bekannte lichtempfindliche Stoffe durch die violetten und ultravioletten Strahlen am leichtesten zersetzt wird, sondern dass es, in Uebereinstimmung mit unserer subjectiven Empfindung, die gelbgrünen und grünen Strahlen sind, welche am schnellsten eine Umwandlung des Purpurs in die oben beschriebenen Bleichungsstufen bewirken. Da wir nun bei der vorgeschrittenen Jahreszeit häufiger von sonnenhellen Tagen begünstigt waren, so wurden diese Beobachtungen, die damals nur an verhältnissmässig wenigen Versuchen gemacht werden konnten, einer nochmaligen gründlichen Prüfung unterzogen. Aus dem früher beschriebenen Versuche, bei dem eine Reihe von Netzhäuten im objectiven Sonnenspectrum ausgebreitet war, ging hervor, dass bei dem damaligen niederen Sonnenstande, nach 21 Min. in Grüngelb die Bleichung fast vollendet, dass dieselbe nach 45 Min. allmählig bis zum Cyanblau fortgeschritten war und sich etwas mehr nach der Linie D zu ausgebreitet hatte. Es war ferner nach 1 Stunde 43 Min. fast vollständige Ausbleichung von D bis in die Mitte des Violet zu constatiren, während im Roth die Veränderung bis zur Orangefärbung der Netzhaut und im äussersten Violet bis zu einem röthlichen Chamois fortgeschritten war. Auch in den Anfängen des Ultraroth und Ultraviolet waren Spuren der Ausbleichung zu bemerken. Versuche dieser Art wurden von Ende April an, im Mai und im Juni in gleicher Weise mehrfach wiederholt und ergaben ganz das gleiche Resultat, nur dass, dem jetzt hohen Sonnenstande entsprechend, die Ausbleichungszeiten überhaupt viel kürzer gefunden

wurden. Im Grüngelb vor der Linie E war fast direkt nach der Exposition schon eine Veränderung des Farbentons in Brandroth zu bemerken, und nach 3 Min. war dort mitunter schon vollständige Ausbleichung vorhanden. Dieselbe hatte sich in etwa 5 Min. nach der Linie D hin und meist bis über F ausgedehnt, und nach 20 Min. Exposition war häufig von D—G fast vollkommene Ausbleichung zu constatiren, während zu dieser Zeit auch alle übrigen Theile des sichtbaren Spectrums mehr oder weniger deutliche Anfänge des Ausbleichung zeigten. Endlich nach 35—40 Min. begann auch die Ausbleichung in dem zunächstliegenden Ultraroth und Ultraviolet, zu welcher Zeit im sichtbaren Theile des Spectrums vom Grüngelb bis zur Mitte des Violet die Ausbleichung vollkommen, im Gelb und äussersten Violet nahezu vollendet und im Roth bis zur Chamoisfärbung fortgeschritten war.

Zum Belege dieser Beobachtungen theilen wir folgenden Versuch mit, bei welchem die anhaltende Sonne eine ziemlich lange Exposition gestattete.

**Versuch 1.** Am 27. April wurden 10 Retinae von Dunkelfröschen auf einem Milchglasstreifen dem objectiven Sonnenspectrum exponirt, nachdem wir uns von der gleichmässigen Purpurfarbe derselben überzeugt hatten. Sie waren so im Spectrum vertheilt, dass

1) im Ultraroth,
2) von Roth bis Orange lag,
3) gerade von der Linie D,
4) von E halbirt wurde,
5) mit dem linken nach dem rothen Ende gelegenen Rande die Linie F berührte,
6) im Blau bis G,
7) und 8) zwischen G und H und
9) und 10) im Ultraviolet lagen.

Die Exposition fing an um 11 Uhr 20 Min.

Um 11 Uhr 25 Min. waren 4), 5), $3^1/_2$) fast ausgeblichen,
$^1/_2$3) und $^1/_2$6) chamois, die Uebrigen noch purpurn gefärbt.

[Durch die Bezeichnungen $^1/_2$x und $x^1/_2$ sollen die beiden Hälften einer Netzhaut unterschieden werden, wenn in denselben ein verschiedener Grad von Ausbleichung oder verschiedener Färbung bemerkt wurde, und zwar ist unter $^1/_2$x immer die nach dem rothen Ende zu gelegene, unter $x^1/_2$ die nach dem violetten Ende zu gelegene Hälfte zu verstehen.]

Um 11 Uhr 40 Min. waren 4) und 5) ganz ausgebleicht,
3) und 6) fast ausgebleicht,
7), 8), 2) chamois; 7) weiter als 8), dieses weiter als 2) in der Ausbleichung,
1), 9) und 10) noch purpurfarben.

Es bewirkten also alle Theile des sichtbaren Spectrums entweder vollständige Ausbleichung oder die Anfänge davon.

Um 11 Uhr 55 Min. waren 4), 5) ganz ausgeblichen,
3), 6) kaum noch sichtbar gefärbt,
7), 8), 2) hell chamois,
$1^1/_2$) orange, in
9) war der Anfang der Ausbleichung zu bemerken.
$^1/_2$1) und 10) waren noch unverändert.

Um 12 Uhr 15 Min. zeigten sich 4), 5), $3^1/_2$) ganz ausgeblichen; in
$^1/_2$3), 6) war kaum noch Färbung zu sehen.
7), 8), 2) sahen sehr hell chamois,
$1^1/_2$) chamois aus, und in
9) war die Ausbleichung deutlicher als vorher, während
$^1/_2$1) und 10) noch unverändert waren.

Es ist also nach 55 Min. von der Linie D bis etwas über

F hinaus die Ausbleichung vollständig, während von D nach dem rothen Ende hin und im Blau und Blauviolet die Abnahme der Ausbleichung beginnt. Im äussersten Ultraviolet und Ultraroth war zu dieser Zeit noch gar keine Ausbleichung zu bemerken.

Um eine andere Art von Vergleichung für die Intensität der Wirkung der einzelnen Theile des Spectrums zu haben, stellten wir Versuche in folgender Weise an: Wir wählten die pag. 153 beschriebene Aufstellung zur Erzeugung des Spectrums und isolirten mittelst des *Helmholtz*'schen Doppelspaltes ein reines Grün und ein reines Blau. Hinter die beiden Spalte stellten wir die halbirten Linsen eines Stereoskops so auf, dass die Brennpunkte der beiden Strahlenbündel, oder richtiger gesagt, die Bilder des grossen oblongen Diaphragmas, das nahe hinter der Linse stand, in eine Ebene fielen. Da die Stereoskoplinsen ziemlich kurze Brennweite hatten, waren die Bilder klein und in Folge davon recht lichtstark. Wir probirten nun, um wie viel weiter man den Spalt im Blau machen musste, um mit beiden Farben gleiche Wirkung zu erzielen. Zuerst hatten wir den Spalt für Grün 2 Mm. und für Blau 3 Mm. weit gewählt und fanden, dass das Grün nach 3 Min. Exposition schon deutlich stärker ausgeblichen hatte als das Blau, in welchem noch kaum eine Veränderung zu bemerken war. Nach 9 Min. war im Grün die Ausbleichung vollendet, während im Blau noch deutliche Färbung vorhanden war. Es war mithin der Spalt im Grün noch viel zu breit und wir mussten die beiden Spaltbreiten so wählen, dass dieselben für Grün 1 Mm. und für Blau 4 Mm. betrugen, um endlich in den beiden Farben gleich schnelle Wirkung zu erzielen. Bei dem letzten Verhältnisse schienen uns dann auch subjectiv die beiden Bilder von gleicher Helligkeit, so weit überhaupt zwischen verschiedenen Farben Vergleichung der Empfindungs-Intensitäten möglich ist, während uns vorher das grüne Bild immer viel heller erschienen war als das blaue.

Diese an Froschnetzhäuten gewonnenen Resultate waren schon

früher durch Versuche mit Kaninchennetzhäuten controlirt und wurden auf's Neue durch Bleichungsversuche an Netzhäuten vom Ochsen im Sonnenspectrum bestätigt. Auch hier war sehr bald Ausbleichung im Gelbgrün zu bemerken, welche sich von da allmählig nach den Enden des Spectrums hin ausdehnte.

Obgleich die Versuche im objectiven Sonnenspectrum unter sich in vollkommener Uebereinstimmung waren und früher Gefundenes auf's Vollkommenste bestätigten, so liess uns doch die Erfahrung, dass die relativen Ausbleichungszeiten unter gefärbten Gläsern und Flüssigkeiten nicht damit übereinstimmten (vergl. Heft I pag. 4 und 70), nach Einwürfen suchen, die gegen die Bleichung im objectiven Sonnenspectrum gemacht werden könnten. Da im Sonnenspectrum, wie wir es durch Zerlegung mit Prismen erhalten, das violette Ende immer ganz bedeutend stärker ausgedehnt ist, als das rothe, so könnte die relativ langsamere Ausbleichung im Blau und Violet im Vergleich zum Grün darin ihren Grund haben, dass Blau und Violet durch die starke Ausdehnung zu viel an Intensität eingebüsst hätten. Der allenfalls hieraus entspringende Fehler wurde umgangen, indem wir das objective Spectrum nicht durch ein Prisma entwarfen, sondern die mit Hülfe eines feinen Gitters erzeugten Interferenzspectren in Anwendung brachten. Professor *Quincke* hatte die Freundlichkeit, uns zu diesem Zwecke ein Silbergitter zu überlassen, welches als galvanoplastischer Abdruck eines äusserst feinen, in Glas geritzten, ausgezeichneten Nobert'schen Gitters gewonnen war. Durch Reflexion des von dem Heliostaten kommenden Strahlenbündels erhielten wir genügend lichtstarke Gitterspectren, deren Intensität sich für Ausbleichungen vollständig ausreichend zeigte. Wir hatten vorher auch Proben mit Russgittern gemacht, fanden aber die mit diesen erhaltenen Spectren zwar sehr rein, aber entweder zu schmal, oder, wenn sie die nöthige Breite hatten, zu lichtschwach, um für unsere Zwecke brauchbar zu sein. Mit Hülfe des Silbergitters erhielten wir nun reflectirte

Spectren (es wurde immer nur das 1ster Ordnung verwendet), bei denen im Gegensatz zu den prismatischen der rothe Theil die grösste Ausdehnung zeigte.

Während bei den mittelst Brechung erzeugten Spectren die Entfernungen von Linie D—F, F—G und G—H untereinander fast vollkommen gleich sind und die Breite vom Anfange des sichtbaren Roth — Linie D etwa $^2/_3$ der Entfernung von D—F beträgt, finden wir im Gitterspectrum die Linien so vertheilt, dass durch D und F das Spectrum in 3 fast ganz gleiche Theile getheilt wird, mithin die Abstände vom Anfang des Roth bis D, D—F und F—H als gleich angesehen werden können. Während also im prismatischen Spectrum das Blau und Violet, von F—H, mehr als die Hälfte des ganzen Spectrums einnehmen, beträgt dieser Theil im Gitterspectrum nur etwa $^1/_3$, und während im letzteren das rothe Ende, vom Anfange bis D, etwa $^1/_3$ des ganzen Spectrums ausmacht, wird dieser Abschnitt im prismatischen Spectrum noch nicht einmal gleich $^1/_4$ des sichtbaren Spectrums befunden. Ebenso ist das Grün im Gitterspectrum verhältnissmässig gedehnter, denn es repräsentirt darin die Strecke von D—F, also wesentlich Grün und Blaugrün, den dritten Theil des Spectrums und sie ist gleich dem ganzen Blau und Violet, gleich F—H; im Prismatischen dagegen hat F—H gerade die doppelte Breite wie D—F.

Diese Gitterspectren wurden nun zu einer neuen Folge von Ausbleichungsversuchen verwendet. Die Versuchsanordnung war entweder so getroffen, dass entsprechend dem mittelst Prisma erzeugten, objectiven Sonnenspectrum, eine Linse in einer Entfernung vom Spalt, die gleich ihrer doppelten Brennweite war, und in halber Brennweite dahinter das Silbergitter aufgestellt wurde, oder, dass das Licht vom Spalt direkt auf das etwa $1^1/_2$ bis 2 Meter entfernte Gitter auffiel, und erst zwischen diesem und dem Schirm die Linse angebracht war. Der Schirm mit den Netzhäuten wurde natürlich in einer Ebene aufgestellt, in der das

Spectrum auf's Deutlichste die *Fraunhofer*'schen Linien zeigte. Ein bei schlechtem Wetter angestellter Versuch schien uns Anfangs ein anderes Resultat, wie die Versuche mit dem prismatischen Spectrum zu geben, denn wir konnten dabei kaum Differenzen in den Ausbleichungszeiten zwischen Grün und Blau constatiren; als jedoch die Versuche mit gutem Lichte mehrfach wiederholt wurden, fanden wir auch hier die gleichen relativen Verhältnisse in der Wirksamkeit der verschiedenen Spectralfarben, wie dies aus den folgenden Versuchen zu ersehen ist.

**Versuch 2.** Am 18. Juni wurde die erste Art der Aufstellung gewählt und 8 Netzhäute in folgender Weise im Gitterspectrum vertheilt:

1) lag als Controlretina ganz ausserhalb des Spectrums,
2) im Ultraroth:
3) wurde von der Linie C,
4) von D,
5) von E halbirt,
6) wurde von F getroffen,
7) grenzte rechts an H, während
8) ganz im Ultraviolet lag.

Die Exposition begann um 11 Uhr 48 Min.

Um 11 Uhr 52 Min. ist in 5) schon der Beginn der Ausbleichung zu bemerken.

Um 11 Uhr 57 Min. ist 5) dunkel chamois und bei $4^1/_2$) und 6) Beginn der Ausbleichung zu sehen.

Um 12 Uhr 2 Min. ist 5) hell chamois, so dass es kaum noch grün absorbirt,
4) dunkel chamois, wovon $^1/_2$4) etwas weniger ausgebleicht ist;
6) zeigt sich dunkel chamois und in
$^1/_2$7) ist der Anfang der Ausbleichung zu bemerken.

Um 12 Uhr 9 Min. sah $^1/_2$4) dunkel chamois aus,
$4^1/_2$) war hell chamois,

5) ganz hell chamois,

6) hell chamois;

$^1/_2$7) war schon chamois gefärbt und in

7$^1/_2$) der Anfang der Ausbleichung zu erkennen.

Die Uebrigen waren noch nicht verändert.

Bis jetzt waren die Beobachtungen der Ausbleichung im dunklen Zimmer selbst, bei dem Schein eines Zündhölzchens, notirt. Um sicherer zu gehen, wurde

um 12 Uhr 13 Min. die Retina schnell bei gedämpftem Tageslichte betrachtet; die Beobachtung ergab, dass

1), 2), 3) nicht verändert,

$^1/_2$4) röthlich chamois,

4$^1/_2$), also von D an, hell chamois war, dass

5) fast ganz ausgeblichen gefunden wurde;

6) sah sehr hell chamois,

$^1/_2$7) hell chamois,

7$^1/_2$) hell röthlich chamois aus und in

8) konnte ein Anfang von Ausbleichung bemerkt werden.

Um 12 Uhr 25 Min. wurden die Retinae nach inzwischen fortgesetzter Belichtung im Spectrum nochmals bei Tageslicht betrachtet. Es waren

1), 2), 3) nicht verändert und noch deutlich purpurfarben,

$^1/_2$4) hell röthlich chamois,

4$^1/_2$) fast ausgeblichen, bis hell gelb,

5) ganz ausgeblichen, bis auf Spuren von Hellgelb,

6) ganz ausgeblichen, bis auf Spuren von Hellrosa,

$^1/_2$7) fast gänzlich ausgeblichen, bis zu hellröthlichem Chamois,

7$^1/_2$) fast ganz ausgeblichen bis zu einem hell röthlichen Scheine;

8) war bis zu röthlichem Chamois verändert.

Die bei diesen Versuchen verhältnissmässig starke Wirkung des äussersten Violet und Ultraviolet war jedenfalls zum Theil darauf zurückzuführen, dass sich bei der gewählten Aufstellung (die Linse stand zwischen Spalt und Gitter) am violetten Spectralende ziemlich viel vom Silbergitter reflectirtes, diffuses weisses Licht befand. Wir wählten daher für den folgenden Versuch die oben beschriebene zweite Art der Aufstellung; d. h. wir liessen das aus dem Spalt am Heliostaten kommende Sonnenlicht direct auf das Silbergitter auffallen und stellten die Linse so auf, dass gerade nur das reflectirte Gitterspectrum 1ster Ordnung darauffiel und in scharfer Zeichnung auf dem Schirm aufgefangen werden konnte. Es gelang uns auf diese Weise ein Spectrum zu erhalten, welches recht frei von diffusem Tageslichte war. Dasselbe war natürlich viel kleiner, als das bei der ersten Aufstellung; es war etwa so gross, dass gerade 3 Froschnetzhäute, bequem neben einander liegend, den sichtbaren Theil desselben deckten.

**Versuch 3.** Am 19. Juni wurden darin 3 Retinae exponirt und zwar lag 1) im reinen Roth,

2) im Gelbgrün bis Blaugrün und

3) vom Blau bis in's Violet.

Die Exposition begann um 10 Uhr 55 Min.

Um 11 Uhr war 1) noch unverändert,

2) ging in orange über und

3) wurde noch purpurn gefunden.

Um 11 Uhr 5 Min. zeigte sich, am Tageslichte besehen,

1) noch unverändert,

2) mehr ausgeblichen als 3) und zwar

$^1/_2$2) bis gelblich chamois,

2$^1/_2$) bis chamois ausgeblichen;

$^1/_2$3 sah dunkel röthlich chamois und

3$^1/_2$) noch roth aus.

Um 11 Uhr 10 Min. war 1) unverändert,

$^1/_2$2) hell gelblich chamois,
2$^1/_2$) hell chamois,
$^1/_2$3 röthlich chamois und
3$^1/_2$) röthlich gefärbt.

Um 11 Uhr 15 Min. wurden die Netzhäute wieder am Tageslichte besehen; es war in

1) der Anfang der Ausbleichung zu constatiren, aber die Retinafarbe war noch kaum bemerkbar verändert;
$^1/_2$2) war hellgelblich,
2$^1/_2$) hell chamois,
$^1/_2$3) hell röthlich chamois und
3$^1/_2$) hell röthlich gefärbt.

Wir sehen also auch hier durch die Versuche mit den Gitterspectren die Resultate, die wir mit den durch Prismen erhaltenen Spectren gewonnen hatten, vollkommen bestätigt, obgleich die relative Breite der Farben eine ganz andere war. Auch hier begann die Ausbleichung in der Gegend der Linie E und war da am schnellsten vollendet, breitete sich von da über Blaugrün, Grünblau, in Indig aus, erstreckte sich dann über Violet, Gelb und Orange, um zuletzt im Roth und Ultraviolet und am schwächsten im äussersten Roth und Ultraroth bemerkbar zu werden. —

Bei diesen Versuchen über Ausbleichung des Sehpurpurs zeigte sich nun aber bei genauerer Betrachtung neben der nun sicher constatirten Differenz in den Ausbleichungszeiten verschiedener Spectralfarben, noch eine andere für die verschiedene Wirkungsweise der Farben nicht weniger wichtige Erscheinung. Es waren nämlich, selbst wenn im grössten Theile des Spectrums die Ausbleichung als fast vollkommen angesehen werden konnte, so dass man nicht mehr gut sagen konnte, ob z. B. im Grünblau die Ausbleichung weiter fortgeschritten sei, als im Anfang des Violet, doch noch Unterschiede zu erkennen, und zwar Un-

terschiede in der Nuance der geringen Reste von Färbung, die noch in den fast ausgeblichenen Netzhäuten vorhanden war. Während in den mittleren Theilen des Spectrums die Ausbleichung sehr leicht bis zu einem sehr hellen Gelb gebracht werden konnte, sahen wir am violetten Ende niemals diesen Farbenton auftreten, sondern als letzten Ueberrest von Netzhautfarbe immer nur ein ganz helles, röthliches Chamois oder meistens eine helle Rosenfarbe zurückbleiben. Es kann sogar vorkommen, dass bei sehr langer Exposition im Grün an den Netzhäuten noch Spuren von Gelb zu erkennen sind, wenn im Indig und Violet gar nichts mehr von Färbung zu bemerken ist, so dass also schliesslich hier die Ausbleichung weiter fortgeschritten ist, als im Grün, von dem wir doch wissen, dass es den Purpur entschieden viel schneller zersetzt, als die Strahlen des violetten Endes. Es lässt sich dieses Verhalten nur erklären, wenn wir annehmen, dass die mittleren Theile des Spectrums den Purpur zwar sehr viel schneller zersetzen, dass aber die schnelle Zersetzung sich nur auf die Umwandlung von Sehpurpur in Sehgelb bezieht, während der weitere Uebergang von Sehgelb in Sehweiss dann viel langsamer erfolgt; dass dagegen im Violet die Umsetzung des Purpurs in Sehgelb sehr langsam geschieht, aber einmal gebildetes Sehgelb dann um so schneller in Sehweiss übergeführt wird. So erklärt es sich leicht, dass die Farbe der im Violet ausbleichenden Retina zwar allmählig heller wird, aber selbst gegen das Ende des Versuches hin immer noch deutlich unveränderten Purpur erkennen lässt, denn dieser kann nicht durch gleichzeitig vorhandenes Sehgelb zu Chamois verdeckt werden. (Vergl. Heft I. S. 59).

Zur ganz sicheren Feststellung der letzt beschriebenen Verhältnisse, die als neuer Beweis für die oben aufgestellten Bleichungsstufen, S e h p u r p u r, S e h g e l b, S e h w e i s s dienen mussten, wurden die Ausbleichungsversuche auf's Mannigfaltigste variirt. Gleichzeitig sollte dabei der endgültige Entscheid ge-

liefert werden über die relativ verschiedenen Ausbleichungszeiten in den Farben ungleicher Wellenlänge.

Zunächst wurden die Ausbleichungszeiten und Bleichungsstufen bestimmt mit Hülfe der Methode, die sich oben (pag. 151) für die Analyse der Retinafarbe und zur Untersuchung von Farben überhaupt als fruchtbar erwiesen hatte, indem wir nur zwei Farben aus dem Spectrum herausgriffen und auf die oben (Fig. 2) näher erörterte Weise so zur partiellen Deckung brachten, dass immer 3 Retinae gleichzeitig der Ausbleichung unterworfen werden konnten: zwei in den beiden reinen Spectralfarben und eine in deren Mischfarbe, respective dem combinirten Weiss.

**Versuch 4.** Weiss wurde zuerst combinirt aus Grüngelb und Blauviolet und von 3 Netzhäuten von Dunkelfröschen 1) in Grünlichgelb, 2) in Weiss und 3) in das Violet gelegt. Um 10 Uhr 35 Min. am 8. Juni wurde die Exposition begonnen.

Nach 5 Min. waren 1) und 2) etwas angebleicht, gleich in der Färbung, aber noch roth;
3) war noch unverändert.

Nach 10 Min. waren 1) und 2) chamois,
3) noch schön roth gefärbt.

Nach 15 Min. erschienen 1) und 2) hell chamois,
3) dunkel röthlich chamois.

Nach 23 Min. sahen 1) und 2) sehr hell chamois,
3) röthlich chamois aus.

Nach 30 Min. waren 1) und 2) fast vollständig ausgeblichen, während
3) noch deutlich röthlich chamois gefärbt war.

**Versuch 5.** Am 8. Juni combinirten wir Weiss aus Gelb (nach Orange hin gelegen) und Blau, und exponirten um 11 Uhr 35 Min. 3 Retinae: 1) im Gelb, 2) im Weiss, 3) im Blau.
Nach 5 Min. war 1) noch unverändert;

2) und 3) zeigten beginnende Ausbleichung bis Dunkelorange.

Nach 12 Min. hatte in 1) die Ausbleichung angefangen und war in 2) und 3) bis zu Dunkelchamois vorgeschritten.

Nach 18 Min. waren alle 3 Netzhäute bis Chamois ausgeblichen. Sie zeigten keine grossen Unterschiede in der Färbung, jedoch war 1) am wenigsten, 2) am meisten ausgeblichen.

**Versuch 6.** Als drittes Farbenpaar zur Combination von Weiss wählten wir Orangeroth und Grünblau und exponirten am 12. Juni um 10 Uhr 35 Min. 3 Netzhäute, 1) in Orange, 2) in Weiss und 3) in Grünblau.

Nach 5 Min. war in allen Dreien schon ein Beginn der Bleichung zu bemerken, aber deutliche Unterschiede zeigten sich erst

nach 10 Min. Es war dann 1) zwar angebleicht, aber noch roth und 2) und 3) chamois gefärbt, aber 3) etwas dunkler als 2).

Nach 15 Min. zeigte 1) Chamois-Färbung, 2) war fast ausgebleicht und 3) nur noch hell chamois gefärbt.

Nach 20 Min. war 1) noch heller chamois als vorher und 2) fast vollkommen ausgeblichen; die Retina zeigte nur noch Spuren einer sehr hellgelblichen Chamoisfärbung und auch 3) war schon bis zu einem sehr hellen Chamois verändert.

**Versuch 7.** Endlich wurde Weiss noch aus Roth und Blaugrün zusammengesetzt, und am 11. Juni um 10 Uhr 28 Min. mit der Exposition dreier Retinae begonnen. 1) lag im Roth, 2) im Weiss und 3) im Blaugrün

Nach 3 Min. war 1) noch kaum bemerkbar verändert, als

2) und 3 schon merklich bis dunkelchamois ausgeblichen waren und

nach 12 Min., als 1) immer noch brandroth gefärbt war, zeigte sich

2) schon fast ausgeblichen, nur noch sehr hellgelblich gefärbt, und auch in

3) war die Ausbleichung bis hellchamois fortgeschritten.

Bei diesen Versuchen tritt nun im Vergleiche mit den Ausbleichungsversuchen im Spectrum das Uebergewicht von Grüngelb bis Cyanblau über das violette und rothe Ende, in Betreff der bleichenden Wirkung auf Sehpurpur noch bei weitem schlagender hervor. Dort konnten die Unterschiede nicht so auffallend sein, da alle Uebergangsstufen dazwischen lagen, während hier die Retinae, die der Einwirkung verschiedenfarbigen Lichtes ausgesetzt waren, direkt neben einander beobachtet werden konnten.

So sehen wir zum Beispiel im Versuch 7 im Grün schon eine Ausbleichung bis hellchamois, während die Retina, die im Roth lag, noch kaum verändert ist; wir sehen bei Versuch 4 im Grüngelb schon die Chamois-Nüance auftreten, zu einer Zeit, wo im Violet noch schön rothe Färbung vorhanden ist.

Schon geringer sind die Unterschiede zwischen den Wirkungen von Cyanblau und Orange, aber in Versuch 6 war doch noch sehr deutlich ein Ueberwiegen des ersteren zu constatiren. Noch kleiner werden die Differenzen in Versuch 5, bei dem reines Gelb und Blau in ihrer bleichenden Wirkung verglichen wurden. Es konnte aber auch hier noch deutlich eine etwas schnellere Ausbleichung im Blau beobachtet werden. Was nun die Ausbleichung im combinirten Weiss betrifft, so finden wir darin fast immer eine etwas grössere Wirkung, als in den beiden Einzelfarben; es haben sich offenbar die Wirkungen der beiden Componenten summirt. Da aber meistens eine sehr schwach wirkende, mit einer sehr stark bleichenden Farbe combinirt war, so konnte selbst-

verständlich die Differenz zu Gunsten des Weiss über die stark bleichende Componente nur eine sehr geringe sein. — Dass die ausbleichende Wirkung der Mischfarbe einfach entsteht durch Summirung der bleichenden Kräfte der Einzelfarben, zeigte sich auch bei Versuchen mit Farbencombinationen, die bei ihrer Vereinigung andre Farben als Weiss gaben. Unser nächstes Streben ging dahin, die Farbe der Netzhaut selbst möglichst genau aus Roth und Violet zu mischen und die Wirkung des so erhaltenen Purpurlichtes auf die Netzhaut zu untersuchen, da man nicht wissen konnte, ob nicht gerade für Purpur vielleicht Abweichungen von der oben angegebenen Regel bestanden.

**Versuch 8.** Ein solcher Purpur, der möglichst der Farbe der unveränderten Retina entsprach, wurde in gleicher Weise wie die verschiedenen Weiss durch partielle Deckung von Roth und Violet erzeugt und von 3 Netzhäuten um 11 Uhr 45 Min. am 11. Juni 1) in Roth, 2) in den Purpur und 3) in das Violet gelegt. Für diesen Versuch nahmen wir die Abschnitte aus dem Spectrum, die zur Combination verwendet werden sollten, etwas breiter, als in den vorhergehenden, um bei den zwei besonders schwach wirkenden Componenten keine allzulange Exposition nöthig zu haben.

Nach 5 Min. zeigte sich in allen 3 Netzhäuten eine ganz schwache Ausbleichung, die in 2) etwas deutlicher war, als in 1) und 3).

Nach 15 Min. war die Ausbleichung bei allen deutlich zu bemerken, aber überhaupt noch sehr schwach. In 2) war sie am besten zu erkennen; 1) zeigte die geringste Veränderung.

Wir haben also, unserer Voraussetzung entsprechend, trotz der sehr intensiv leuchtenden Farbe des Purpurs, nur eine verhältnissmässig sehr schwache Wirkung erreicht. Es war dies leicht verständlich, da wir es mit der Combination derjenigen Farbentöne zu thun hatten, die erfahrungsgemäss am schwächsten eine Zersetzung des Sehpurpurs einleiten; dennoch war auch hier

die Bleichung im Purpurlichte etwas weiter fortgeschritten als im Roth und Violet für sich; die Wirkung war etwa gleich der Summe der Wirkungen der beiden letzteren.

Als Bestätigung dieser letzten Beobachtung können wir noch einen Versuch anführen, der, auf ganz andre Weise angestellt, das gleiche Resultat gab.

**Versuch 9.** Wir entwarfen mittelst eines Quarzprismas, dessen optische Axe mit der Prismenaxe zusammenfiel, ein Doppelspectrum. Darin waren die beiden Spectren, die dasselbe zusammensetzten, so übereinander geschoben, dass das violette Ende des einen gerade vom rothen des andern gedeckt wurde. Wir hatten also zwei Spectren, eines von Roth bis Blau, das andere von Gelb bis Violet, und die Mitte zwischen beiden durch Purpur ausgefüllt. Der Raum, den das Doppelspectrum einnahm, konnte gerade von einer grossen Ochsenretina gedeckt werden, welche darin der Einwirkung des Lichtes 20 Min. lang ausgesetzt wurde. Als wir die Retina darauf am Tageslichte besahen, war sie am meisten ausgebleicht im Gelbgrün und Grün der beiden Spectren, gar nicht oder kaum im Roth des einen und im Violet des andern, während in dem durch Deckung des Roth und Violet erhaltenen Purpur deutlich ein Anfang der Ausbleichung zu bemerken war. Dieser Versuch ergab mithin ein Resultat, welches mit dem oben erhaltenen in vollkommenster Uebereinstimmung war.

War nun unsere Ansicht richtig, dass die Wirkung der Mischfarben auf den Sehpurpur sich einfach aus den Wirkungen der Einzelfarben zusammensetze, wie wir dies aus den Bleichungsversuchen in den verschiedenen Weiss und im Purpur schliessen konnten, so musste es auch gelingen, einzelne Farben durch Mischung herzustellen, die im Farbenton mit gewissen reinen Spectralfarben übereinstimmten, die sich aber wesentlich verschieden von diesen verhielten, wenn man sie auf ihre zersetzende Wirkung des Sehpurpurs prüfte. Es gelang uns zunächst ein

Gelbgrün darzustellen, welches etwa einer Stelle im Spectrum entsprach, die in der Mitte zwischen den beiden Linien D und E lag; wir erhielten es durch Mischung aus Roth mit einem ziemlich reinen Grün, welches zwischen der Linie E und dem Blaugrün lag, das wir verwenden mussten, um mit Roth Weiss zu erhalten. Wir hatten also eine Mischfarbe, welche dem Farbentone nach einer der stärkst wirkenden Spectralfarben entsprach, aber zusammengesetzt war aus dem kaum wirksamen Roth und einem Grün, welches schon schwächer wirkte, als das der Mischfarbe entsprechende spectrale Gelbgrün. Wir mussten deshalb erwarten, dass das gemischte Gelbgrün eine schwächere Wirkung ausüben würde, als das entsprechende spectrale Gelbgrün allein. Es wurden zwei Bleichungsversuche gemacht: einer mit dem gemischten Gelbgrün, genau so angestellt wie die früheren, durch partielle Deckung, und ein Parallelversuch mit dem entsprechenden Gelbgrün des Spectrums, das natürlich durch eine ebensolche Linse und ebenso wie die Mischfarben mit Hülfe eines kleinen rechtwinkeligen Prismas nach abwärts projicirt wurde und zwar auf die gleiche Ebene, in der die Bilder der Mischfarben aufgefangen wurden. Der besseren Vergleichung wegen seien die beiden Versuche hier direct nebeneinander gestellt:

| | Versuch 10. | Versuch 11. |
|---|---|---|
| | Am 12. Juni um 11 Uhr 5 Min. wurden in einem aus Roth und Grün gemischten Gelbgrün 3 Retinae so exponirt, dass 1) im Roth, 2) im Gelbgrün und 3) im Grün lag. | Am 14. Juni wurde ein entsprechendes spectrales Gelbgrün dargestellt und darin um 11 Uhr 5 Min. eine Retina exponirt. |
| Nach 1 Min. | . . . . . . . . . . . | ist der Purpur schon in Brandroth übergegangen. |
| Nach 5 Min. | ist 1) noch unverändert roth und in 2) und 3) die Ausbleichung deutlich bemerkbar, bis dunkelchamois fortgeschritten. | |

| | Versuch 10. | Versuch 11. |
|---|---|---|
| Nach 6 Min. | . . . . . . . . . . | ist die Retina schon bis gelblich chamois und |
| Nach 10 Min. | zeigte sich 1) noch ganz roth, 2) hellchamois u. 3) chamois gefärbt. | bis hellgelblich chamois ausgebleicht. |
| Nach 13 Min. | . . . . . . . . . . | Die Retina ist nur noch sehr blass, sehr hellgelblich chamois gefärbt. (Sie ist soweit ausgeblichen wie 2 im Versuch 10 nach 20 Min.) |
| Nach 20 Min. | war 1) noch ganz roth, 2) und 3) bis sehr hellgelblich Chamois ausgeblichen, und zwar 2) noch etwas gelblicher als 3). | |
| Nach 30 Min. | endlich war 1) noch roth, während 2) und 3) vollständig ausgeblichen waren. | |

Das Sonnenlicht schien in beiden Versuchen gleich intensiv.

Das entsprechende Resultat, aber in umgekehrter Richtung, erzielten wir durch Vergleichung eines gemischten Blau, das wir aus Grün, also einer stark wirkenden Farbe, und Violet erhielten, mit einem spectralen Blau, das den gleichen Farbenton und für unsere Empfindung auch etwa gleiche Helligkeit zeigte, das der Erfahrung nach aber, die wir über die Ausbleichungszeiten im Spectrum gewonnen hatten, weniger schnell, als das zur Combination verwendete Grün wirken musste. Die beiden entsprechenden Versuche fielen folgender Art aus:

| | Versuch 12. | Versuch 13. |
|---|---|---|
| | Am 13. Juni wurden in dem aus Grün und Violet gemischten Blau um 11 Uhr 40 Min. 3 Netzhäute exponirt. 1) lag im Grün, 2) im Blau, 3) im Violet. | Um 10 Uhr 45 Min. am 14. Juni, wurde eine Retina in ein entsprechendes spectrales Blau gelegt. |

| | Versuch 12. | Versuch 13. |
|---|---|---|
| Nach 2 Min. | war in 1) und 2) schon Ausbleichung zu bemerken, die Farbe aber noch roth, 3) war noch unverändert. | |
| Nach 5 Min. | . . . . . . . . . . | war der Beginn der Ausbleichung zu bemerken. |
| Nach 7 Min. | als 1) und 2) bis hellchamois ausgeblichen waren, zeigte sich 3) noch roth. | |
| Nach 10 Min. | . . . . . . . . . . | war die Netzhaut dunkelchamois. |
| Nach 13 Min. | war 1) und 2) bis hellgelblich ausgeblichen, dagegen 3) noch roth gefärbt, wenn auch blasser als vorher. | |
| Nach 15 Min. | . . . . . . . . . . | war die Ausbleichung bis chamois, |
| Nach 20 Min. | . . . . . . . . . . | bis hell chamois, |
| Nach 25 Min. | . . . . . . . . . . | bis hellröthlich-chamois fortgeschritten und in der Helligkeit etwa 2) bei Versuch 12 nach 13 Min. Exposition entsprechend. |
| Nach 30 Min. | . . . . . . . . . . | war endlich die Retina sehr blass geworden, aber ein röthliches Chamois immer noch zu erkennen. |

Wir konnten also durch Combination zweier Farben einerseits Gelbgrün erhalten, welches schwächer als ein entsprechendes spectrales Gelbgrün wirkte, und konnten andererseits ein Blau mischen, durch welches wir stärkere Ausbleichung, als durch einen der Farbe nach entsprechenden Ausschnitt des Spectrums, hervorbringen konnten. Wir fanden darin eine neue Bestätigung

unserer Ansicht, dass die Wirkung einer gemischten Farbe auf den Sehpurpur nur abhängig ist von der Summe der Wirkungen der Spectralfarben, welche sie zusammensetzen.

In Folge dieser letzten Versuche mussten wir erwarten, auch gewisse Differenzen der Ausbleichung zu finden, wenn wir einmal das ganze zu Weiss vereinigte Spectrum, und dann das vereinigte Spectrum, aus dem gewisse Theile abgeblendet wurden, auf Froschretinae einwirken liessen. Wir führten zu dem Ende die folgende Versuchsreihe aus:

**Versuch 14.** Wir entwarfen ein kleines Spectrum durch ein weit vom Spalt aufgestelltes Prisma und eine dahinter befindliche Linse, zwischen welchen sich ein grosses Diaphragma von oblonger Gestalt befand, ähnlich wie wir es bei der Versuchsanordnung pag. 152 u. 153 gemacht hatten. Das so erhaltene kleine Spectrum vereinigten wir durch eine grosse Linse von kurzer Brennweite, so dass wir ein sehr scharfes, blendend weisses, kleines Bild des Diaphragmas erhielten. Wir nahmen dann durch Vorsetzen von Pappstreifen nach einander verschiedene Farben aus dem Spectrum weg, vereinigten den Rest desselben und erhielten so ein Vereinigungsbild, das in der komplementären Farbe des fehlenden Abschnittes, freilich mit viel Weiss gemischt, erschien. Wir exponirten je eine Retina, 1) im weissen Bilde, durch Vereinigung des ganzen Spectrums, eine 2te im vereinigten Spectrum ohne Roth, also in einem bläulichgrünen Weiss, eine 3te in einem ohne Grün, also in weisslichem Purpur, und eine 4te in dem zu einem weisslichen Gelb vereinigten Spectrum, aus dem das Blau abgeblendet war. Es wurde jede Retina 2 Min. exponirt und wir erhielten Nr. 1), 2) und 4) ziemlich gleich gefärbt, in mässig hellem Chamois, jedoch 1) etwas heller als 2) und 4); die 3te Retina, die in dem Bilde lag, bei dem die stärkst wirkenden, die grünen Strahlen fehlten, war deutlich weniger ausgeblichen, als 1), 2) und 4). Es war dies mithin ganz das Resultat, welches wir unsern Voraussetzungen nach erwarteten.

Die stärkere Einwirkung der Mischfarbe, als der Componenten, wie sie aus den seither beschriebenen Versuchen hervorgeht, ist leicht zu verstehen, da wir es einmal gewissermaassen mit einer Verdoppelung der Intensität zu thun hatten, andererseits aber auch deshalb eine verstärkte Wirkung erreichen mussten, weil ja, wie wir schon oben mehrfach hervorgehoben haben, gewisse Farben schneller auf Sehpurpur wirken, als auf Sehgelb, andere dagegen umgekehrt. Wenn demnach zwei solcher Farben zusammenwirkten, so musste schon durch dieses Moment allein eine stärkere Wirkung der Mischfarbe resultiren. Um nun die Summirung der Intensitäten auszuschliessen, construirten wir einen Apparat, der es erlaubte, die beiden Farben des Spectrums in der Art wirken zu lassen, wie dies bei dem Farbenkreisel geschieht, indem wir die beiden Farben nicht zu gleicher Zeit, sondern in schnellem Wechsel hintereinander auf die zu bleichenden Retinae auffallen liessen. Wir wählten dazu die Aufstellung der Apparate, wie wir sie angewandt hatten, um die verschiedenen Combinationen des Weiss herzustellen, liessen jedoch die beiden Farbenbilder durch die kleinen rechtwinkeligen Prismen so nach abwärts reflectiren, dass die Deckung derselben nicht wie dort, in der Art der Fig. 2, sondern wie Fig. 1, pag. 153, zu Stande kam. Ferner construirten wir eine kreisförmige, schwarze Pappscheibe, die an ihrer Peripherie mit Zähnen versehen war, und befestigten dieselbe an einem Uhrwerk, wie es benutzt wird, um Farbenscheiben in rasche Rotation zu versetzen. Das Uhrwerk mit der Zahnscheibe wurde so aufgestellt, dass die Axe der Scheibe vertikal stand und die Scheibe direkt unter die kleinen Prismen zu liegen kam, und zwar so, dass ihr gezahnter Rand gerade die Hälfte der nach unten gekehrten Flächen der Prismen bedeckte. Es war mithin die eine Hälfte eines jeden Farbenbildes durch den Rand der Zahnscheibe bedeckt, während die andere Hälfte frei nach unten reflectirt wurde. Die Breite der Zähne wurde genau so gewählt,

dass gerade die eine Farbe verdeckt wurde, während die andere frei blieb und umgekehrt, so dass in einem bestimmten Momente immer nur eine Farbe abwärts die Fläche beleuchtete. Wir hatten daher auf Fig. 1 (pag. 153) bezogen, für die obere Hälfte die Versuchsanordnung wie früher, eine einfache Summirung der Farben, während für die untere Hälfte, über welcher die Zahnscheibe lief, die Verhältnisse des Farbenkreisels vorlagen, indem nämlich die Farben nicht zu gleicher Zeit zusammen, sondern in schneller Folge hinter einander, einzeln, zur Wirkung kamen.

**Versuch 15.** In dieser Versuchsanordnung stellten wir zunächst wieder ein Weiss dar, welches aus Violet und Gelbgrün zusammengesetzt war, und präparirten 4 Froschnetzhäute, welche auf die sich partiell deckenden Farbenbilder so vertheilt wurden, dass 1) und 2) in den Abschnitt zu liegen kamen, welcher nicht von der Zahnscheibe beschattet wurde, und zwar so, dass 1) im Weiss und 2) im Gelbgrün lagen. 3) und 4) exponirten wir in dem Theile, über welchem sich die Zahnscheibe in schneller Rotation befand. Es lag 3) im Weiss und 4) im Gelbgrün. Nachdem das Licht 8 Min. eingewirkt hatte, wurde 1) und 2) mit einem dunkeln Deckel bedeckt und 3) und 4) allein noch 8 Min. weiter exponirt; dann wurden die Retinae bei gedämpftem Tageslichte besehen. 1), 3), 2), 4) waren in abnehmender Reihe ausgeblichen, zwischen 1) und 3) und zwischen 2) und 4) jedoch kaum Unterschiede zu bemerken. Am meisten Sehgelb enthielten 4) und 2) und zwar 4) etwas mehr als 2), während 1) und 3) davon noch am wenigsten zeigten. Es war in den letzteren das vom Gelbgrün gebildete Sehgelb durch das Violet immer schnell in Sehweiss verwandelt worden, und da wir dies auch bei 3) sahen, so müssen wir schliessen, dass die schnellere Ausbleichung in den Mischfarben nicht allein durch Summirung der Intensitäten bedingt wird, die wir ja bei 3) ausgeschlossen hatten, sondern ganz wesentlich abhängt von der verschiedenen Wirkung,

welche die einzelnen Farben auf die 2 Bleichungsobjecte *Sehpurpur* und *Sehgelb* ausüben.

Ein anderer Versuch wurde in gleicher Weise mit einem Weiss angestellt, welches aus Roth und Blaugrün gemischt war.

**Versuch 16.** Um 10 Uhr 58 Min. wurden 6 Retinae exponirt und so vertheilt, dass 1), 2), 3) im direct reflectirten Theile und 4), 5), 6) in demjenigen lagen, der von der rotirenden Zahnscheibe beschattet war. 1) und 4) lagen im Roth, 2) und 5) im Weiss und 3) und 6) im Blaugrün.

| | |
|---|---|
| Um 11 Uhr 4 Min. sind | 2), 3), 5), 6) dunkel chamois und gleich gefärbt,<br>1) und 4) kaum verändert. |
| Um 11 Uhr 12 Min. waren | 2) und 3) chamois und<br>5) und 6) ebenfalls chamois, aber etwas dunkler als 2) und 3),<br>1) und 4) dagegen noch roth. |
| Um 11 Uhr 20 Min. zeigten sich | 2) und 3) hell chamois, aber gleich gefärbt und<br>5) und 6) auch hell chamois, untereinander gleich, aber etwas dunkler als 2) und 3).<br>1) und 4) waren noch deutlich roth, wenn auch etwas heller als vorher. |
| Um 11 Uhr 30 Min. waren | 2) und 3) bis zu einem sehr hellen Chamois ausgeblichen, und gleich an Farbe.<br>5) und 6) zeigten bei gleicher Färbung auch nur noch ein hellstes Chamois, das aber etwas dunkler war als 2) und 3). |

1) und 4) waren immer noch sehr schön roth, wenn auch heller als im Anfange des Versuchs.

Da wir hier bei 1) und 4) im Roth kaum eine Veränderung, bei 2) und 3) und bei 5) und 6) je gleiche Wirkung, aber in 5) und 6) etwas schwächere als in 2) und 3) beobachteten, so könnte man meinen, dass durch diesen Versuch eher das Gegentheil als im Vorhergehenden bewiesen sei, da ja kein Unterschied zwischen 5) und 6) gefunden wurde. Aber wir haben es hier nicht mit zwei Farben zu thun, die wie Grüngelb und Violet so verschiedene Wirkung auf Sehpurpur und Sehgelb zeigen, sondern wir verwendeten nur eine Farbe, das Blaugrün, welches schnell Sehpurpur in Sehgelb verwandelt, combinirt mit dem äussersten Roth, das auf den Sehpurpur überhaupt kaum wirkt und auch auf Sehgelb keine erhebliche Wirkung ausübt.

Im Gegensatze zu der verbreiteten Ansicht, dass das durch Combination aus 2 Complementären gebildete Weiss dunkler erscheine als die Componenten, müssen wir nochmals (vergl. S. 153) hervorheben, dass nicht allein das auf die verschiedenste Weise aus zwei Spectralfarben direkt gemischte, sondern auch das unter der rotirenden Zahnscheibe entstandene, objectiv nicht intensivere Weiss uns entschieden immer heller vorkam, als die beiden Componenten. Es wurde dies vielfach von uns bemerkt und von einer ganzen Anzahl andrer, vollständig unbefangener Beobachter soweit bestätigt, als überhaupt von einer Abschätzung derartig verschiedener Empfindungen die Rede sein konnte.

Wir haben bei den seither beschriebenen Versuchen vielfach darauf aufmerksam gemacht, dass, abgesehen von der zeitlich verschiedenen bleichenden Wirkung, noch andere Unterschiede die Wirkung der einzelnen Farben auszeichnen, dass nämlich die mittleren Theile des Spectrums schneller eine Umwandlung des

Sehpurpurs in Sehgelb zu Stande bringen, ihre Wirkung auf Sehgelb dagegen viel schwächer ist als diejenige des blauen und violetten Endes, welche letzteren Farben umgekehrt den Sehpurpur langsamer angreifen, aber einmal gebildetes Sehgelb dann leicht in Sehweiss verwandeln.

Werfen wir zum Belege dieser Ansicht noch einmal einen Blick auf einige der bis jetzt beschriebenen Versuche, so finden wir am Ende von Versuch **2** die Ausbleichung im Orange bis röthlich chamois, in der Mitte des Spectrums, also im Gelbgrün, Grün und Blaugrün bis zu hellgelb fortgeschritten, und am violetten Ende die Retinae bis zu einem hell röthlichen Chamois und hellen Rosa ausgeblichen. In Versuch 3 ist die Retinafarbe gegen Ende der Exposition, im Gelbgrün bis hell gelblich, im Blaugrün bis hell chamois, im Blau bis hell röthlich chamois und im Blauviolet bis hell röthlich verändert und bei Versuch **4** ist im Grüngelb Ausbleichung bis hell chamois beobachtet zu einer Zeit als im Violet die Retina noch röthlich chamois befunden wurde. Die Parallelversuche **12** und **13** endlich ergaben, dass bei Versuch **12** im Grün die Ausbleichung bis hell gelblich gekommen ist, während bei **13** im Blau noch ein hell röthliches Chamois erhalten bleibt. Auf dieselben Verhältnisse wurde in Versuch **15** schon direct hingewiesen, und es lag nahe, die dort zur Anwendung gekommene Methode, dass man verschiedene Farben hinter einander auf die Netzhaut einwirken liess, in einfacherer Weise auch für unsere Frage zu verwerthen. Wir stellten desshalb eine Reihe von Versuchen in der Art an, dass wir die Netzhäute erst eine Zeit lang einer bestimmten Farbe des Spectrums exponirten, um dann die Ausbleichung in einer anderen weiter zu führen.

Nachdem uns verschiedene dahin gehende Versuche, die bei Gelegenheit anderer angestellt waren, keine befriedigenden Resultate gegeben hatten, kamen wir später durch folgende Versuchsanordnung zum Ziele.

Wir entwarfen in der schon mehrfach erwähnten Weise ein kleines Spectrum auf einem Holzschirm nnd befestigten darauf mit Reissnägeln einen Milchglasstreifen so, dass dessen oberer Rand gerade das Spectrum halbirte. Auf diesen Streifen wurden diejenigen Netzhäute gelegt, die zur Controle während der ganzen Dauer des Versuchs in der gleichen Farbe exponirt bleiben sollten, während wir die Retinae, welche wir während des Versuchs in andere Farben überführen wollten, an die unteren Ränder kleiner Milchglasplättchen klebten. Diese waren mit Klemmpincetten so am Holzschirm befestigt, dass die auf ihnen befindlichen Netzhänte, genau über denjenigen auf dem Milchglasstreifen, in der oberen Hälfte des Spectrums exponirt werden konnten.

**Versuch 17.** Wir legten von 4 Netzhäuten 1) und 2) übereinander so in Rothorange bis Grüngelb, dass dieselben gerade von D halbirt wurden, und 3) und 4) in Blauviolet in die Gegend der Linie G. 2) und 4) lagen am oberen Rande des Milchglasstreifens, 1) und 2) auf den beweglichen kleinen Plättchen. Um 10 Uhr 35 Min. begann die Exposition, und um 10 Uhr 39 Min. wurde Nr. 1) mit Nr. 3) getauscht, dann nochmals exponirt und um 10 Uhr 44 Min. am Tageslichte besehen. Im Grade der Ausbleichung waren keine grossen Unterschiede zu bemerken, dagegen deutliche Farbenunterschiede erkennbar. Es war

$^{1}/_{2}2$ röthlich chamois,
$2^{1}/_{2}$ gelb chamois,
$^{1}/_{2}4$ gelblich chamois,
$4^{1}/_{2}$ röthlich chamois gefärbt.

Die gewechselten $^{1}/_{2}3$ und $3^{1}/_{2}$ zeigten ein gelbes Chamois und $^{1}/_{2}1$ und $1^{1}/_{2}$ ein gelbliches Chamois, mit etwas mehr roth darin, als $^{1}/_{2}3$ und $3^{1}/_{2}$.

**Versuch 18** wurde gerade so angestellt, wie der vorige, nur kamen 1) und 2) in Rothorange bis Grüngelb, von D halbirt, 3) und 4) in Blau zwischen F und G. Um 11 Uhr 6 Min.

wurde exponirt bis 11 Uhr 11 Min., dann 1) und 3) gewechselt und um 11 Uhr 13 Min. wieder exponirt bis 11 Uhr 18 Min. Darauf bei gedämpftem Tageslichte besehen, zeigte sich:

$^1/_2$2 röthlich chamois,
2$^1/_2$ gelblich chamois,
$^1/_2$4 gelblich chamois,
4$^1/_2$ röthlich chamois, während

die gewechselten: $^1/_2$3 gelblich chamois,
3$^1/_2$ röthlich chamois, heller als 4$^1/_2$ und
$^1/_2$1 und 1$^1/_2$ chamois gefärbt waren.

Es wurde nochmals exponirt bis 11 Uhr 27 Min.; die Retinafarben waren:

$^1/_2$2 hellrosa,
2$^1/_2$ hellgelb,
$^1/_2$4 hellstes Chamois,
4$^1/_2$ hell Chamois,
$^1/_2$3 hell gelblich chamois,
3$^1/_2$ fast ganz weiss,
$^1/_2$1 fast ganz weiss, sehr hell chamois und
1$^1/_2$ hell chamois.

**Versuch 19.** Die Anordnung war wie vorher. 1) und 2) lagen im Gelb bis Gelbgrün von D an, 3) und 4) im Blau.

Um 12 Uhr 3 Min. begann die Exposition.

Um 12 Uhr 10 Min. zeigten

1) und 2) ein sehr hellgelbliches Chamois und
3) und 4) ein sehr hell röthliches Chamois.

Es wurden nun 1) und 3) gewechselt und um 12 Uhr 12 Min. wieder exponirt. Um 12 Uhr 17 Min., bei Tageslicht besehen, zeigte:

3) hellstes röthliches Chamois,
2) enthielt noch am meisten Gelb;

1) war bis zum hellsten röthlichen Chamois ausgebleicht und

4) zeigte ein sehr helles röthliches Chamois.

Zwischen 1) und 3) war kein Unterschied zu bemerken; 4) war etwas dunkler als 1) und 3).

Aus dieser Reihe von Versuchen scheint uns auf's Deutlichste hervorzugehen, dass die Retina schneller ausgebleicht werden kann, wenn hintereinander 2 verschiedene Farben einwirken, selbst schneller als in den Theilen des Spectrums, die erfahrungsgemäss die kräftigste Wirkung auf die Retinafarbe ausüben. Es trat diese schnellere Wirkung hauptsächlich dann auf, wenn die Retina erst aus mittleren Spectralabschnitten in den violetten Theil übergeführt wurde. Wir erklären diese Thatsachen, in Uebereinstimmung mit früher gemachten Beobachtungen, daraus, dass die grüngelben bis blaugrünen Strahlen schnell aus Purpur die Bleichungsstufe Sehgelb hervorbringen, auf dieses aber eine viel schwächere Wirkung haben als das Violet.

Noch eine andere Versuchsreihe wurde unternommen, um diese Frage zur Entscheidung zu bringen. Es musste die Einwirkung auf das Sehgelb um so klarer hervortreten, je reiner von Purpur dasselbe in der Retina enthalten war. Wir unterwarfen desshalb die Netzhäute der Einwirkung der Spectralfarben erst, nachdem durch Anbleichen im Sonnenlicht schon ein Theil ihres Purpurs in Sehgelb verwandelt war.

**Versuch 20.** Um 10 Uhr 50 Min. wurden 3 Retinae von Dunkelfröschen im Sonnenlicht bis zur Chamoisfarbe ausgebleicht und um 10 Uhr 57 Min. in einem kleinen Spectrum so exponirt, dass

1) im Gelbgrün bis Grün,

2) im Blau,

3) im Blauviolet bis Violet lag.

Um 11 Uhr 5 Min. waren 1) und 2) gelb, mit einem Stich

in's Chamois und 3) röthlich, etwas nach Chamois spielend.

Es enthielten also 1) und 2) neben Sehgelb noch Spuren von Purpur, und 3) neben Purpur noch Spuren von Sehgelb. Um die relativen Mengen vom Sehgelb direct vergleichen zu können, wurden die 3 Retinae so lange in die Sonne gehalten, bis kein Chamois mehr, sondern nur noch Gelb vorhanden war. Es enthielt dann 1) noch am meisten Gelb, während 3) fast gar Nichts davon zeigte, fast vollkommen weiss war.

**Versuch 21.** In gleicher Weise wurden drei Retinae in der Sonne bis zu einem gelben Chamois ausgebleicht und um 12 Uhr 6 Min. im kleinen Spectrum exponirt:

1) wurde in Gelbgrün,
2) in Blaugrün und
3) in Violet gelegt.

Nach 10 Min. war 1) gelb,
2) hell chamois und
3) noch röthlich gefärbt.

Darunter war in 2) die Ausbleichung am weitesten und in 1) etwas weiter als in 3) vorgeschritten. Es hat also das Blaugrün, welches sonst auf frische, noch purpurfarbene Retinae schwächer bleichend wirkt, als das Gelbgrün, hier, wo es sich wesentlich um die Umwandlung von Sehgelb in Sehweiss handelte, schneller gewirkt, als Gelbgrün. Ferner tritt bei diesem Versuche sehr deutlich die Differenz der Wirkung zwischen Gelbgrün und Violet hervor; während Gelbgrün aus dem Chamois den Purpur wegnahm und nur Sehgelb übrig blieb, nahm das Violet das Gelb weg, so dass nur noch eine röthliche Färbung der Netzhaut übrig blieb.

**Versuch 22.** Es werden 4 Netzhäute im Sonnenlichte bis zu einem hellen Chamois ausgebleicht, dann um 11 Uhr 21 Min.

1) in Roth,
2) in Gelbgrün — Grün gelegt, so dass die Linie E gerade die Retina halbirte;
3) wurde im Blau, in der Mitte zwischen F und G und
4) im Violet exponirt.

Um 11 Uhr 31 Min. ist 1) hell chamois,
2) hell gelblich,
3) sehr hell chamois, fast weiss und am meisten ausgebleicht, und
4) hellröthlich chamois gefärbt.

Das Roth hatte also gar nicht gewirkt, Grün den Purpur weggenommen, Blau hatte auf beide, auf Purpur und stark auf Sehgelb gewirkt, so dass die Retina darin am meisten verändert war, und Violet hatte das vorhandene Sehgelb zum grössten Theile in Sehweiss verwandelt, auf den Purpur aber wenig gewirkt, so dass darin ein helles röthliches Chamois übrig blieb.

Die 4 Netzhäute wurden nochmals an die gleichen Stellen im Spectrum zurückgebracht und erschienen um 11 Uhr 36 Min. am Tageslicht besehen:

$^1/_2$1) sehr hell chamois,
1$^1/_2$) sehr hell chamois, etwas mehr gelblich,
2) sehr hellgelblich weiss,
3) weiss mit einem Stich in Chamois, aber fast vollkommen ausgeblichen,
$^1/_2$4) sehr hell chamois und
4$^1/_2$) sehr hell röthlich chamois.

Alle Netzhäute wurden nun am Sonnenlichte weiter ausgebleicht, bis nur noch Sehgelb vorhanden war. Sie zeigten sämmtlich sehr wenig davon, aber 1) und 2) enthielten noch am meisten, 3) und 4) am wenigsten.

Wir glauben, dass die von uns vertretene Ansicht über die

Ausbleichung von Sehpurpur und Sehgelb im monochromatischen Lichte, nachdem wir wenigstens im sichtbaren Theile des Spectrums, durch auf die verschiedenste Weise angestellte Versuche immer zu gleichen Ergebnissen gelangten, nunmehr gesichert ist.

Im Ultraviolet sahen wir entsprechend den früheren Angaben (vergl. Heft 1. S. 59) des Einen von uns einige Wirkung, welche die Zersetzung des Purpurs zwar constatiren, aber als ausserordentlich schwach erkennen liess. Im Ganzen haben wir den Eindruck gewonnen, als ob das Licht in der Gegend und jenseits von H dem vom A im äussersten Roth etwas überlegen sei, besonders dann, wenn vorher weisses Licht Sehgelb erzeugt hatte; indessen ist es schwer, über so minimale Wirkungen und aus solchen nach Stunden zu bemessenden Ausbleichungszeiten präcisere Folgerungen zu ziehen, schon weil das Ueberviolet niemals vollkommen rein ist, und an fremdem Lichte besonders solches enthält, das Sehpurpur zersetzt. Hat man es wirklich dahin gebracht, dass das Roth vernachlässigt werden kann, so ist damit noch nicht viel geholfen, weil immer noch wirksameres Licht mittlerer Wellenlänge in dem der grössten Brechbarkeit vorhanden bleibt. Wir müssen darum vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, Gewicht auf die Thatsache legen, dass eben ein zweifelloses Abblassen nach etwa einstündiger übervioletter Belichtung zu sehen ist im Vergleiche zu Netzhäuten, die unter denselben Umständen, also auch in dem nämlichen, niemals völlig zu tilgenden diffusen Lichte sich befanden, das die Umgebung des Spectrums trifft. Um die Vergleichung mit den im Roth zwischen A und B gehaltenen Netzhäuten durchzuführen, haben wir uns des nur einmal durch den Quarzapparat gebrochenen Lichtes bedient, das bei enger Spalte ein prächtiges, weit ausgedehntes, überviolettes Ende auf Aesculin zeigte und selbst darin ohne weitere Vereinigung durch eine zweite Quarzlinse etwas vor der Gruppe H, grössere Veränderlichkeit der Netzhautfarbe, als im Roth ge-

funden. Eine bis zwei Stunden genügen reichlich dies festzustellen, wenn die Luft recht durchsichtig ist, aber wir haben es in keiner dieser beiden Farben zur vollkommenen Ausbleichung bringen können, im Ueberviolet jedoch nahezu, wenn die Netzhaut durch weisse Belichtung vorher chamois oder gelb geworden war.

---

Die vorstehenden Erfahrungen hatten wir an den frischen Netzhäuten selbst gesammelt, da die Darstellung des Purpurs in Lösung für diese Versuche zu zeitraubend und zu kostbar gewesen wäre; wir haben jedoch nicht unterlassen, schliesslich noch einige Ausbleichungsversuche mit der klaren Lösung des Sehpurpurs im Sonnenspectrum auszuführen, von denen wir einen genauer mittheilen. Die Methode bestand in der früher angeführten Vertheilung getrennter Tropfen auf einer Glasplatte über weisser Unterlage, auf der das Spectrum scharf zu erkennen war, und zeitweiser Betrachtung der Tropfenreihe bei sehr gedämpftem Tageslichte.

Den 1. Mai 11 Uhr 40 Min. wurden in dem kleinen sehr intensiven Spectrum vertheilt:

Tropfen 1 im Ultraroth.
„ 2 „ Roth.
„ 3 „ Gelbgrün und Grün von D an.
„ 4 von E nach b.
„ 5 im Blau, bei F beginnend,
„ 6 „ Indig.
„ 7 „ Violet, bei G beginnend,
„ 8 „ Violet,
„ 9 „ Ueberviolet, von H an.

Die Lösung war so concentrirt, dass die Absorption schon im gelblichen Orange und im Violet kenntlich war. Nach 1 Min. fanden sich 3) und 4) bedeutend gebleicht, 3) am meisten und die Absorption dort schon äusserst geschwächt; nach 6 Min. 7) bemerkbar heller; nach 14 Min. 8) ebenso; nach 4 Min.

waren 3) und 4) völlig gebleicht, 5) und 6) im Beginne des Abblassens, nach 19 Min. alle genannten Tropfen vollkommen farblos, 1), 2) und 9) kaum verändert, nach 30 Min. 1) und 2) blassroth, 9) hell lila. Im Vergleiche zu den Erscheinungen an der Retina verlief hier Alles überaus rasch, besonders der Uebergang aus den Mischfarben von Sehpurpur und Sehgelb (rein roth und chamois) zur völligen Farblosigkeit, in welcher letzteren Beziehung die Retina nach unsern noch ausführlicher mitzutheilenden Erfahrungen überhaupt eine gewisse Trägheit und Inconstanzen zeigt. Die Ursache dieses Verhaltens wird später erörtert werden.

Es blieb schliesslich noch übrig zu constatiren, dass auch der Purpur in der lebenden, noch im Thiere befindlichen Netzhaut in gleicher Weise durch die spectralen Farben ausgebleicht werde, wie wir dies an der exstirpirten Netzhaut und an der Purpurlösung gefunden hatten. Die Versuche wurden so angestellt, dass ein Spectrum auf einen Schirm auffiel, in dem sich ein Spalt befand, durch den man die gewünschte Farbe auf eine Linse von kurzer Brennweite auffallen lassen konnte. Hinter dem Brennpunkte dieser Linse wurde das Auge eines curarisirten Frosches so aufgestellt, dass das kleine, sehr lichtstarke Strahlenbündel so in das Auge eindrang, dass es wo möglich im Auge parallel oder divergent nach der Retina zu gebrochen wurde. Es wurden auf diese Weise Versuche mit Grüngelb, Gelbgrün, Blaugrün und Blau gemacht, und es zeigte sich, dass bei allen vollkommene Ausbleichung des Sehpurpurs erzielt werden konnte, am leichtesten und schnellsten in Gelbgrün und Grüngelb (in $^1/_2$ bis 1 Stunde), am langsamsten (in $1^1/_2$ Stunde) im Blau.

Wir haben also *intra vitam* die gleichen relativen Bleichungsverhältnisse constatiren können, wie in den herausgenommenen Netzhäuten oder am gelösten Purpur und sind daher weit entfernt, andere Differenzen über die Wirkung des verschiedenfarbigen Lichtes auf den Stäbchenpurpur anzunehmen, als die vorstehend

erörterten, die sich kurz dahin zusammenfassen lassen, dass 1) alles sichtbare Licht den Sehpurpur zersetzt, aber bei gleicher Intensität in sehr verschiedener, **der Absorption des monochromatischen Lichtes proportionaler Zeit** — und dass 2) **die** Wellenlängen, welche den Purpur am schnellsten in Sehgelb verwandeln, am langsamsten auf dieses, die das Sehgelb am leichtesten zu Sehweiss zersetzenden und vom Sehgelb vorwiegend absorbirten im Allgemeinen weniger auf den Sehpurpur wirken.

Fortsetzung folgt im nächsten Heft.

# Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge.

Von W. Kühne.

Um auf der Netzhaut des Frosches das Optogramm eines vor dem Auge befindlichen Objectes zu erhalten, habe ich (Heft 1, S. 72) ein eigenthümliches, von dem beim Kaninchenauge befolgten sehr verschiedenes Verfahren angegeben, das wegen dieser Abweichung besondere Begründung verdient.

Der mit Curare vergiftete, ohne Lungenathmung lebende Frosch scheint zwar zu solchen Versuchen das bequemste und geeignetste Thier zu sein, aber er bereitet der Optographie gewisse Schwierigkeiten, welche beim Auge des Säugethieres leichter umgangen werden. Ich will nicht davon reden, dass es mühsam und unsicher sein kann, die Froschnetzhaut fehlerfrei aus dem Auge hervorzubringen oder sie glatt auszubreiten, denn diese Schwierigkeiten werden durch Uebung bald überwunden oder sind für grössere Exemplare von Rana esculenta kaum vorhanden; eben so wenig will ich als Hinderniss das kleine, bald gelernte Kunststück nennen, Sklera und Uvea am Sehnerveneintritte so abzuschneiden, dass die Retina undurchbohrt und mit dem kurzen Opticusstumpfe behaftet bleibt, sondern ich möchte die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass die Retina des lebenden Frosches viel längerer oder weit intensiverer Belichtung, als die des Säugethieres bedarf, um gebleicht zu werden, während unglücklicher

Weise intensiveres Licht gerade das Mittel ist, ein Optogramm unkenntlich zu machen und zu verderben. Ich hatte deshalb gute Gründe, beim Frosche als Object die wenig wirkende Gasflamme mit entsprechend langer, mehrstündiger Exposition zu empfehlen und ausserdem Objectgrösse und Entfernung so zu wählen, dass nur ein sehr kleines, mit dem Mikroskope zu untersuchendes Bild entstehen konnte.

Man kann in der That nur dann Optogramme auf der Froschnetzhaut erhalten, wenn entweder das Licht sehr schwach war, oder nach intensiverer Belichtung, wenn das Bild sehr klein ist. Dies erklärt sich aus einem eigenthümlichen, schon früher von mir bemerkten Verhalten des Pigmentepithels (vergl. Heft 1, S. 40 u. 101) zur Stäbchenschicht, indem die Retina um so reicher mit schwarzem Pigment und dem Epithel beladen aus dem Auge hervorkommt, je intensiver sie belichtet worden. Gegen diesen das Optogramm verbergenden Fehler ist das am Säugethierauge fast immer helfende Alaunverfahren fruchtlos; man bleibt also auf die Besichtigung der frischen Netzhaut angewiesen. Da die letztere sehr häufig am belichteten Auge glatt und fehlerfrei, nur in ihrer ganzen Ausdehnung vom Epithel bedeckt aus dem Auge hervorzuziehen ist, sollte man meinen, dass es möglich sein müsse, das Optogramm jetzt im gerade durchfallenden Lichte an den durch das schwarze Pigment nach hinten ragenden Stäbchen wahrzunehmen, allein es tritt hier sofort ein weiterer Missstand dem Erkennen des Bildes entgegen, indem nämlich der die Epithelzellen erfüllende Pigmentbrei nicht wie im Auge der Dunkelfrösche angeordnet, die hinteren Stäbchenenden frei und den Sehpurpur durchscheinen lässt, sondern dieselben in einer ausserordentlich grossen Anzahl jener Zellen mit einer dichten, fast continuirlich aussehenden, undurchsichtigen Lage bedeckt. Welches vielseitige Interesse diese merkwürdige Erscheinung an sich bietet, wird bei anderer Gelegenheit zu er-

örtern sein; für die Optographie bildet sie ein Hinderniss, und das Epithel durch Abspülen oder mit dem Pinsel zu entfernen ist, ohne Verschiebungen und Schädigungen in der Stäbchenschicht zu verursachen, unmöglich.

Um den genannten vom Epithel veranlassten Störungen zu entgehen, muss man dieselben während der Entstehung des Optogramms entweder ganz zu vermeiden suchen, und das geschieht durch gedämpfte, aber längere Belichtung, oder es muss das Bild so beschaffen und namentlich so klein sein, dass der weitaus grösste Theil der Netzhaut unbelichtet bleibt, so dass das Epithel, trotz der Neigung die belichteten Stellen zu bedecken, sich auch von diesen mit den übrigen im Zusammenhange ablöst. Hebt man aus einem so behandelten Auge die Retina heraus, indem man sie an einem vorderen, vom Optogramme möglichst entfernten Punkte fasst, so bleibt das ganze Epithel im Bulbus zurück und die Mosaik der sechseckigen Zellen hängt dann fest genug in sich und in der Fläche auch mit den hinter den belichteten Orten befindlichen Zellen zusammen, um das continuirliche Abtrennen der Retina durch sanften Zug überall zu gestatten. Auf diese Weise überzeugt man sich, dass bei sehr kleinen Bildern auch die Verwendung intensiveren Lichtes möglich wird; doch hat dies seine Grenzen und wo direktes Sonnenlicht, aber durch mattes Glas gedämpft, zur Wirkung kommt, pflegt die Netzhaut gerade da, wo das Optogramm zu suchen ist, einen unregelmässigen schwarzen Fleck oder, was in vieler Hinsicht besonderes Interesse bietet, Theile des Optogrammes nicht hell auf purpurnem Grunde, sondern durch schwarzes Epithel gekennzeichnet auf der gefärbten Fläche zu zeigen.

Im Begriffe, die Optographie beim Frosche als Methode zur Erörterung einiger für das Sehen wichtiger Fragen zu verwenden, und bemüht an der Hand der eben angedeuteten Erfahrungen die Technik zu verbessern, fand ich in der Arbeit von *Boll*

„zur Anatomie und Physiologie der Retina“ eine Angabe, (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877, Heft 1, S. 9), welche in überraschend einfacher Weise die locale Ausbleichung der Retina im Auge des lebenden Frosches durch das Licht zu zeigen' sucht. Der Versuch besteht darin, dass man den Laden eines direkt von der Sonne beschienenen Fensters bis zum Entstehen eines „verhältnissmässig schmalen“ Sonnenstreifens im übrigens unbelichteten Zimmer schliesst und den Curarefrosch mit dem Auge 10 Min. in jenen Streifen legt; die herausgenommene Retina zeige dann einen „scharf gezeichneten farblosen“, sie in zwei rothe Hälften trennenden Streifen. Wer den Versuch ausführt, wird auf eine erste, auch von mir, wenn ich nicht gerade viel mit Lichtspalten und Heliostaten zu thun gehabt hätte, vielleicht erst während des Experimentirens erwogene Schwierigkeit stossen, nämlich, dass der Sonnenstreif wegen der Erdbewegung nicht 10 Min. lang auf dem Froschkopfe oder vor dem Auge bleibt und dass man, um dem Uebelstande zu begegnen, den Streifen noch ausserordentlich breit nehmen muss, selbst wenn der Frosch schon recht nahe an das Fenster gelegt wird. Der Ladenspalt ist also entweder unmässig breit zu machen, oder wenn der Lichtstreif „verhältnissmässig schmal“ sein soll, muss der Frosch, von 2 zu 2 Min. etwa, verschoben werden, falls man nicht den Spalt selbst verrücken will, wie es mit Klappladen möglich ist. Dass dies Alles Bedingungen sind, welche zu sehr geringen Hoffnungen auf ein „scharf gezeichnetes“ Bild berechtigen, liegt auf der Hand. Ich habe bei der geduldigsten Wiederholung des Versuches unter jedem denkbaren Wechsel in Bezug auf die eben genannten Umstände und indem ich die Entfernung des Auges vom Spalte von 12 zu 30, 50, 60, 100, 150 und 200 Ctm. änderte, nie etwas Anderes zu erreichen vermocht, als ganz diffuse, meist fleckige Ausbleichungen der Retina oder ein so starkes Haften des Pigmentes, dass an den Nachweis einer localisirten Veränderung gar nicht zu den-

ken war. Liess ich den Frosch ohne Rücksicht auf die unerwünschte Verschiebung des Lichtstreifens mit dem Auge zum Ladenspalte gewendet liegen, so fand ich nach 10 Min. überhaupt keine Ausbleichung, sondern erst nach 30 Min. eine wieder so diffuse, dass auf eine von dem linearen Objecte, oder von dem diesem entsprechenden Bilde, herrührende Veränderung durchaus nicht zu schliessen war. Ich kam dann auf den Gedanken, dass der Versuch vielleicht hinter matt geschliffenen Scheiben oder an mit durchsichtigem Papier bezogenen Fenstern vorgenommen worden, aber auch diese Erklärung versagte, weil ich dann in dem zerstreuten Lichte den von *Boll* genannten Sonnenstreifen nicht ordentlich sah, und weil es jetzt bei ganz bedeutender Weite des Spaltes wenigstens 20 Min. dauerte, bis eine Veränderung in der Retina zu constatiren war, die jedoch im Wesentlichen wiederum in dem misslichen Haften des Epithels bestand. Um jeder Möglichkeit gerecht zu werden, wurde noch ein Verfahren eingeschlagen, von dem ich zwar nicht weiss, ob *Boll* es angewendet, das aber dem Principe seines Versuches noch am besten entsprach: es wurde die ganze Breite des Fensters mittelst eines Rollladens mit einem horizontalen Spalte versehen und der Frosch so in den Sonnenstreif gelegt, dass das grelle Licht bei der gewählten Breite desselben 10 Min. und länger auf dem Auge verweilen konnte; indess war der Erfolg nicht besser und nicht anders, als früher. Ein Versuch an einem für den Zweck vorbereiteten Froschauge (vrgl. unten), das Bild des Spaltes und der Sonne, dessen Darstellung der *Boll*'sche Versuch voraussetzt, am Augengrunde durchscheinen zu sehen, zeigte auch sofort die Unmöglichkeit das Ziel zu erreichen, denn das Einzige, was man scharf sah, war das kleine Bild der Sonnenscheibe, während die Spaltränder bei jeder gewählten Entfernung in dem diffusen Lichte, welches das ganze Auge erfüllte, sehr schlecht zu unterscheiden waren. Ich legte deshalb noch Frösche absichtlich so in den Sonnenstreif, dass das Bild der Sonne womöglich

nicht, oder ganz peripherisch, sondern das des von der Tischplatte reflectirten Lichtstreifens in's Auge fallen musste, und verschob den Tisch von Zeit zu Zeit der Erdbewegung entgegen, aber auch so blieb der von *Boll* angegebene Erfolg aus, insofern erst nach 20—30 Min. die Lichtwirkung an der Retina, jedoch abermals als eine diffuse zu constatiren und in den meisten Fällen das Pigment der Untersuchung absolut hinderlich war. Schliesslich habe ich denn die Versuche auf meine Weise vorgenommen, indem ich statt des hohen, das ganze Fenster, oder $^1/_3$ bis $^2/_3$ desselben überschneidenden Ladenspaltes den kleinen am Heliostaten nahm und mittelst des Spiegels den Sonnenstreif unbewegt auf dem Auge des Frosches erhielt. Obwohl der Spalt jetzt nur 1 mm. und 2 mm. breit genommen wurde, erzielte ich auf Entfernungen von 12 und 15 Ctm. wieder nur diffuse Veränderungen, und erst als ich die Oeffnung mit einem Stückchen matten Glases deckte, bekam ich meist in Schwarz ausgeführte Optogramme, indem das Epithel hauptsächlich an den vom Bilde nicht eingenommenen Theilen der Retina abriss. Die erforderliche Belichtungszeit betrug 20 Min.

Um gute Optogramme zu erhalten, habe ich in derselben Weise, wie früher am Kaninchenauge, an dem des Frosches erst die zur Entstehung eines scharfen Bildes nöthige Entfernung des Objectes zu bestimmen gesucht, was ich trotz der ausserordentlichen Undurchsichtigkeit*) der Chorioïdea ausführbar fand. Ich

*) Das Froschauge ist in Folge des Chorioïdalpigmentes so undurchsichtig, dass man keine Spur direkten Sonnenlichtes durch dasselbe wahrzunehmen vermag. Ich setzte die Augen lichtdicht in ein Diaphragma, verschloss damit den erweiterten Spalt am Heliostaten und betrachtete die Rückfläche von dem ganz dunklen Zimmer her: es war unmöglich, eine Spur des Sonnenbildchens zu erkennen, und ebenso unmöglich Lichtschimmer durch die Cornea zu bemerken, wenn das Auge umgekehrt gegen die Lichtquelle stand. Dagegen ist der ganze Frosch, in dieser Weise betrachtet, derartig durchsichtig und durchleuchtet, dass man vortrefflich die Lunge

brachte das Auge mit der Cornea auf eine aus Glas geblasene, concave Unterlage, schnitt ein sehr kleines Loch in die Sklera, eben gross genug um die Befestigung des Sehnerven zu lösen, und legte einen Cirkelschnitt um den hintern Pol des Auges, indem ich vorsichtig die eine Scheerenbranche zwischen die Uvea und den Skleralknorpel schob. Man erreicht es so verhältnissmässig leicht, die hintere Bedeckung des Bulbus in Gestalt eines kleinen, recht durchsichtigen Napfes abzuheben. Schwieriger ist es, darunter die Uvea und das Pigmentepithel ohne Schaden für die Retina zu entfernen und es ist dies nur am Auge von Dunkelfröschen ausführbar. Kleine Risse in der Retina schaden nicht, falls vom Glaskörper nichts ausrinnt. Sind die undurchsichtigen Häute entfernt, so deckt man das Sklerastückchen wieder auf die alte Stelle, indem die zusammengehörigen, an Unregelmässigkeiten der Schnittführung leicht kenntlichen Randtheile auf einander gepasst werden; hierauf kommt das Auge in ein ganz kleines, am Boden mit einem Sehloche versehenes, schwarzes Pappkästchen, dessen Rand so abgeschnitten wird, dass ein übergelegtes und mit Klebwachs befestigtes Deckgläschen den hintern Augenpol gerade berührt. Indem man die Seitenfläche des Kästchens auf ein Stäbchen spiesst, erhält man ein zur Untersuchung des Netzhautbildes handliches und äusserst zierliches Präparat, an welchem das Bild so deutlich durch den Hyalinknorpel des Skleraldeckels schimmert, dass man dasselbe mit der Loupe beobachten kann. Von einer Gasflamme oder von einer schwarzen Figur auf mattem gegen das Tageslicht gewendeten Glase erhielt

mit den Gefässen, die Leber und besonders das schlagende Herz erkennen kann. Ich möchte nicht versäumen, auf das Letztere aufmerksam zu machen, weil manchen Fachgenossen mit dem einfachen Mittel, die wichtigsten innern Organe ohne Blosslegung betrachten zu können, gedient sein dürfte. Es wäre zu versuchen, ob nicht an gut rasirten Kaninchen die Eingeweide des Thorax, nöthigenfalls nach dem Anlegen zweier gegenüberstehender, nur die Haut entfernender Fenster ebenso sichtbar zu machen sind.

ich scharfe Bilder, wenn ich die Cornea um 12—15 Ctm. entfernte, doch blieben dieselben unter entsprechender Verkleinerung noch hinreichend deutlich bei 40 — 50 Ctm. Abstand. Ich will nicht behaupten, dass die Verhältnisse an dem hergerichteten Auge ganz die nämlichen seien, wie in dem am Kopfe befindlichen, unberührten, aber ich habe niemals fehlgegriffen, wenn ich beim Curarefrosche das Object 15 Ctm. vom Auge entfernt aufstellte, und stets Optogramme von untadelhafter Schärfe erhalten, wenn die übrigen Bedingungen die richtigen waren.

Als Object habe ich die Gasflamme aufgegeben, weil die Wiedererkennung ihrer Gestalt im Bilde häufig gerechten Einwendungen unterliegt, schon wegen der nicht controlirbaren Bewegung der züngelnden Spitzen und Ränder und vollends, wenn Falten durch das Bild gehen. Ausserdem können gewisse, zuweilen sehr scharf gezeichnete Pseudooptogramme, welche von dem auch bei Dunkelfröschen häufig vorkommenden Ausreissen ganzer Stäbchengebiete herrühren, zu Täuschungen führen; man unterscheidet diese oft mehrere Quadratmillimeter grossen purpurfreien Ausschnitte leicht von Optogrammen durch mikroskopische Untersuchung, welche die fraglichen Stellen ausschliesslich mit den farblosen Zapfen reichlich besetzt zeigt. Statt der Flamme nehme ich jetzt ähnliche Gegenstände, wie beim Kaninchen, nämlich eine matte Glastafel von 45 und 55 Ctm. Seite, der längeren Seite parallel mit 5 hellen und 4 undurchsichtigen, schwarzen Streifen von je 5 Ctm. Breite versehen. Dieselbe bildet den unteren Verschluss eines in geringer Höhe über dem Arbeitstische beginnenden, in die Decke des Dunkelzimmers eingesetzten und auf das Dach mündenden, lichtdichten Trichters, dessen obere gegen den Himmel gewendete Oeffnung durch eine grössere, schräg nach Süden gewendete Glastafel gedeckt wird. Bei sehr hellem Wetter oder Sonnenschein wird das Licht durch matte Glastafeln über dem Objecte abgeschwächt.

Hinsichtlich der geeigneten Intensität ist z. Zt. nur ganz allgemein anzuführen, dass mir sehr trübe Tage (im September Nachmittags von 3 — 5 Uhr) die besten Optogramme geliefert haben und zwar nach sehr langer Exposition in 1 — 1½ und 2 Stunden. An solchen dunkeln Tagen genügte Mitte September jedoch die Zeit von 3—6 Uhr (also 3 Stunden), das Optogramm vollständig zu verderben, indem das Pigment nirgends von der Retina mehr abzulösen war. Fiel Sonnenschein auf den oberen Verschluss meiner Vorrichtung, ohne die untere Platte direct zu treffen (die Wände des 280 Ctm. hohen, oben 4270□ Ctm. weiten Trichters sind innen weiss gestrichen), so waren ohne Dämpfung 30 Min. Exposition erforderlich, aber ich erhielt bisher auf diese Weise selten hinlänglich pigmentfreie Netzhäute, um mehr als Theile des Optogramms erkennen zu können. Die Frösche lege ich im curarisirten Zustande auf eine Unterlage von weicher schwarzer Wolle so unter das Centrum des Objectes, dass die Cornea des in der Regel durch einen in's Maul geklemmten Papierballen etwas vorgedrängten und von der Nickhaut befreiten Auges 15 Ctm. davon entfernt ist. Atropin anzuwenden fand ich überflüssig, da die Verengung der Pupille, die bei den Curarefröschen übrigens nur auf der belichteten Seite auffällig war, nicht nachtheilig schien. Wenn es die Beleuchtung gestattet, in einer Stunde mit dem einen Auge fertig zu werden, so pflege ich die nächste Stunde zur Herstellung des Optogramms auf der andern Seite derselben Thiere zu benutzen, indem ich dieselbe einfach umwende.

Nach dem genannten Verfahren ist es nun möglich so grosse Optogramme zu erhalten, dass die Bildränder ausserhalb des Kreisschnittes fallen, durch den die Retina beim Herauslösen gewöhnlich begrenzt wird und man kann daher das Präparat selbst dann noch brauchen, wenn es zerrissen oder gefaltet zur Ansicht kommt. Lag der Frosch nicht unter dem Centrum des Objectes

oder war er etwas um die Längsaxe gedreht, so pflegt eine Ecke des Rahmens mit grosser Schärfe hervorzutreten. Jederzeit ist aber mit Sicherheit auf die Abbildung mehrerer heller Streifen des Objectes zu rechnen, welche im Centrum der Netzhaut mit untadelhafter Schärfe nahezu parallel verlaufend, durch purpurfarbene Bänder getrennt zum Vorschein kommen. Nach zu langer Exposition sind die hellen Streifen des Optogramms breiter als die farbigen, die letzteren mehr brandroth. Wo die gefärbten und die farblosen Streifen gleiche Breite hatten (wie die dunkeln und hellen des Objectes), fand ich diese im Centrum des Bildes und der Retina etwa = 0,6 mm. und in diesen Fällen war die Zeichnung so scharf, dass sie, selbst mikroskopisch (*Hartnack*, Syst. 7) betrachtet, kaum verlor.

Froschoptogramme bleiben häufig trotz nachträglicher vollständiger Ausbleichung der isolirten Retina noch kenntlich, indem die vorher farblosen Streifen grau tingirt, also dunkler zum Vorschein kommen, als diejenigen, welche purpurfarben waren. Dies rührt von der Einlagerung schwarzen Pigments zwischen den Stäbchen her, denn wenn man auch mit der schwachen Belichtung das unlösbare Haften der Stäbchenschicht am gesammten Epithel vermeidet, so werden doch bei diesem Verfahren (vollends nach etwas intensiverer Belichtung) die Pigment tragenden Epithelfortsätze an den belichteten Stellen so fest zwischen die Stäbchen geklemmt, dass sie beim Abziehen der Netzhaut von ihren Ursprüngen an den Zellen abreissen. In einer folgenden Abhandlung wird eingehend bewiesen werden, dass dies auf einer durch das Licht im lebenden Auge erzeugten messbaren Anschwellung der Stäbchen im Dickendurchmesser beruht. Vorläufig will ich dazu hier nur bemerken, dass die unteren sog. Innenglieder der Stäbchen, bis zu welchen das Pigment dringen kann, im Querschnitte nicht kreisförmig, sondern kantig, meist sechseckig sind und durch keine weiten Zwischenräume, wie am hintern Ende, sondern nur durch

lineare, äusserst schmale von einander getrennt sind. Daher rührt auch die gänzlich verschiedene Zeichnung, welche die Stäbchenmosaik beim Anblick einer ungedrückten Froschnetzhaut von der vorderen Fläche gewährt. Alle Stücke des Musters sind hier eckig und hart aneinander gepresst, die grösseren helldurchsichtig, die kleineren, oft dreieckigen, grau bis grauschwarz und es entsprechen die ersteren den Stäbchen, welche das Licht durchlassen, die letzteren den Zapfen, deren conische Aussenglieder den grössten Theil des von unten und hinten kommenden Lichtes durch Reflexion am Durchgange hindern. Einzelne grössere Sechsecke von ähnlich grau trübem Aussehen entsprechen zufällig schief gestellten Stäbchen. Wie in den engen unteren Zwischenräumen die Fortsätze der Pigmentzellen schon im Beginn des Anschwellens der Stäbchen fixirt werden, begreift man daher leicht.

Es kann auffallen, dass die Optographie am lebenden Frosche bei dem schlechtesten Tageslichte und selbst bei Gaslicht möglich ist, während doch im Zimmer gehaltene Frösche ohne direktes Sonnenlicht den Sehpurpur nicht einbüssen. Erwägt man indess, dass die Netzhaut der mit Curare gelähmten Thiere während der Exposition ununterbrochen immer an den nämlichen Stellen der Lichtwirkung unterliegt, so wird die Thatsache wohl verständlich. Ich habe Frösche unter Glaskästen neben den curarisirten so verweilen lassen, dass ihre Augen nahezu in gleicher Entfernung vom Objecte blieben, wie die der übrigen, und ihre Retina, nach dem Betrachten des Optogrammes an den gelähmten, untersucht, aber keine Spuren von Ausbleichung daran zu erkennen vermocht. Als ich dagegen über einen unvergifteten Frosch ein so enges Glas stülpte, dass er seine Bewegungen wegen des Hindernisses bald einstellte und hoch aufgerichtet stille sass, fand ich in jedem seiner Augen eine peripherische, wahrscheinlich schräg unten gelegene Stelle der Netzhaut erblasst.

Die Optographie ist im weitesten Sinne das Mittel gewesen, die locale Wirkung des Lichtes auf die Retina beim Sehen objectiv nachzuweisen, denn sie bewies allein und zuerst, dass das Licht nicht, weil es überhaupt in's Auge gelangt oder weil es irgendwie die Retina erreicht, die Farbe der Netzhaut ändert, sondern dass es dies nur da thut, wo es die gefärbten Elemente trifft. Methodische und zahlreiche mühsame Versuche, die ich ausführte, haben diesen Satz über jeden Zweifel festgestellt und ich bin desshalb nicht gewillt, mir die Priorität oder das Verdienst derselben nehmen zu lassen. Ich würde dies thun, wenn ich Herrn *Boll's* Ausdruck (Accad. d. Lincei 4. Febr. 1877 p. 73), dass meine Versuche seine Resultate über locale Lichtwirkung auf die Retina „*brillantemente*“ bestätigten, acceptirte, und erhebe vielmehr gegen denselben Einspruch, nicht nur, weil meine optographischen Versuche vor dem 4. Febr. (am 20. und 27. Jan. Centralbl. f. d. Med. W.) publicirt wurden, sondern weil *Boll* in seinen jetzt vorliegenden ausführlichen Publicationen (l. c.) beweist, dass er unter Umständen ein Optogramm erhalten zu haben glaubte, unter welchen dasselbe, wie vorhin nachgewiesen, niemals auftreten kann. Indem ich Herrn *Helmholtz*'s Ausspruch *), dass „die jetzige Art Prioritätsfragen nur nach dem Datum der ersten Veröffentlichung zu entscheiden, ohne dabei die Reife der Arbeit zu beachten“ ein Unwesen sei, vollkommen beipflichte und von den genannten Daten sowohl, wie von Herrn *Boll*'s Verfahren, das seinen einzigen, obenein unmöglichen Versuch einmal in die Zeit vom 6. Dec. 1876 bis zum 4. Febr. 1877 (Acc. d. L.), das andere Mal (Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 9 u. 10) vor den 12. Nov. 1876 verlegt, absehen kann, betone ich mit um so grösserem Nachdrucke, in welcher Weise die Optographie bis heute und von mir allein ausgearbeitet worden ist.

---

*) *H. Helmholtz,* Rede: Das Denken in der Medicin. Berlin 1877, *Hirschwald*'s Verlag.

Umgekehrt kann ich Herrn *Boll* nicht das Recht zugestehen, ihm ungünstige Publicationsdaten bezüglich einer andern hier unmittelbar anknüpfenden Frage zu ignoriren, wie er es bei der Erörterung der nach seiner Aussage vor dem 28. Nov. von ihm, zur Entscheidung der Bedeutungslosigkeit des Absterbens für das Ausbleichen des Sehpurpurs, vorgenommenen Versuche, den meinigen gegenüber in seiner ausführlichen Abhandlung (datirt v. 6. März 1877) thut. Indem Herr *Boll* meine vollkommen beweisenden Experimente, die schon am 5. Jan. publicirt wurden, übergeht, unternimmt er es zu zeigen, dass er die für die Beziehungen des Sehpurpurs zum Sehen wesentlichste aller Thatsachen, dass nur das Licht die isolirte oder absterbende Retina bleiche, vor mir in dem Augenblicke gefunden habe, wo er das Gegentheil publicirte. Als ihm Bedenken hinsichtlich der Bedeutung des Absterbens, dem er das Bleichen der isolirten Retina ausschliesslich zugeschrieben hatte, kamen, köpfte er, seiner Erzählung nach, Frösche und untersuchte er die Augen von 5 zu 5 Minuten, endlich nach 24 Stunden. Er fand die Netzhaut immer noch gefärbt und dies dient ihm noch heute zum Belege, dass abgestorbene Netzhäute unverändert in der Farbe sind. Wer die Lebenseigenschaften der Gewebe des Frosches kennt, kann offenbar nie und nimmer glauben, dass die Netzhaut gleich absterbe, weil der Frosch geköpft wird, denn es ist ja bekannt, dass sie auf Lichtreiz Erregungen noch lange auf die Iris überträgt. Niemand kann darum verstehen, wie Herr *Boll* nur auf den Gedanken kam, in den nächsten Minuten und Stunden nach dem Köpfen die Retina abgestorben zu finden, und wenn er es nach 24 Stunden für sicher hielt, so begreift man dies schon eher, aber verlangt doch Angesichts der Thatsache, dass besonders im December zu dieser Zeit noch Nerven, Muskeln und vollends weisse Blutkörperchen überleben, Beweise. Dagegen war es sehr fraglich, ob die an ihren beiden äusseren Blättern, der

Stäbchen- und der Epithelschicht aufgerissene Netzhaut noch überlebe, da man den nackt zu Tage liegenden Stäbchen wohl ein ähnliches Verhalten, wie das eines angerissenen Muskels, der in der Nähe der Verletzung fast momentan abstirbt, zutrauen durfte. Hier konnte nur ein Versuch helfen, nämlich die im Dunkeln oder vor unwirksamem Lichte isolirte Retina im Dunkeln zu lassen und sich zu überzeugen, dass sie niemals eher entfärbt wird, als bis das Licht darauf scheint. Diesen allein entscheidenden Versuch habe ich gemacht und Herrn *Boll* ist er bis heute noch nicht einmal nöthig erschienen. Ich bin aber bekanntlich dabei nicht stehen geblieben, denn es kamen mir immer noch Bedenken gegen die Beweiskraft des Versuches, da man ja von keinem darauf ununtersuchten Gewebe wissen kann, wann es die physiologische Leistungsfähigkeit eingebüsst hat. Von den Stäbchen konnte man es speciell nicht wissen, ob sie nicht sehr lange überleben und war dies der Fall, so konnte eine in allen anderen Schichten schon abgestorbene Netzhaut mir noch den Streich spielen durch Licht erregt zu werden und in Folge der Erregung, dann natürlich im Lichte erst, schnell abzusterben und sich desshalb zu entfärben; nach Analogieen für ein derartiges Verhalten braucht man in der That nicht weit zu suchen. Wie ich solchen Einwänden, die Andere nicht berührt zu haben scheinen, sicher begegnete, ist bekannt und bedarf der Wiederholung nicht, fordert aber den Vergleich heraus gegen eine Methodik, die in der gelegentlichen Beobachtung, dass die Netzhaut bei trübem Wetter langsamer bleicht, als bei klarem, schon Beweise erblickt, dass das Absterben nicht Schuld daran sei, oder die in dem Umstande, dass die Ora serrata belichteter Frösche zuweilen ausschliesslich geröthet ist, locale Wirkung des Lichtes bewiesen findet. Wie oft muss es denn immer wieder gesagt werden, dass unsere Experimentirkunst dazu da ist um die Beweise zu schaffen, dass die

Ursache, die wir einer Erscheinung unterlegen, wirklich die einzige und wesentliche sei?

Da Herr *Boll* sich nur auf Versuche bezieht, von denen eben nachgewiesen wurde, dass sie absolut nichts Entscheidendes für die Frage nach der Wirksamkeit des Absterbens auf den Sehpurpur enthalten, so hat es für seine Ansprüche keinen Werth, ob er dieselben in der Correktur seiner ersten Veröffentlichung „implicite andeutete“ oder nicht. Er behauptet es gethan zu haben durch den Hinweis auf die rapide Entfärbung der Netzhaut „wenigstens bei Warmblütern“ (l. c.) („besonders bei Warmblütern“ heisst es im Texte, Berl. Acad. Ber. 23. Nov. 1877) nach dem Tode, aber ich muss bemerken, dass der Leser damit nur bestärkt werden konnte, dem Verfasser die Verwechselung des Lichteinflusses mit dem des Absterbens zuzuschreiben, weil das schnellere Absterben vieler Gewebe bei Warmblütern notorisch ist.

Hinsichtlich meiner Ansprüche hat dagegen jener Zusatz im Sinne seines Verfassers Werth, denn er zeigt, dass Herr *Boll* zu der Zeit, auf welche er meinen Versuchen gegenüber Gewicht legt, nicht wusste, dass auch im Säugethierauge die Retinafarbe den Tod um Tage und die heftigste Fäulniss überdauert. Noch heute nimmt *Boll* gegen diese meine leicht zu bestätigenden Befunde an, dass die Netzhautfarbe nach 24 Stunden ohne Licht „ziemlich plötzlich“ vergehe (l. c. p. 11). Wenn man weiss, dass einzelne Gewebe und Elementarorganismen der Säuger, z. B. das rechte Herzohr, die weissen Blutkörperchen, Flimmerzellen und Samenfaden diese Zeit ganz gut überleben können, so sieht man, dass Herrn *Boll* auch heute noch die bindenden Beweise für die Unwirksamkeit des Absterbens fehlen und man könnte Niemanden ohne die Versuche, welche ausschliesslich mein Eigenthum sind, widerlegen, wenn er Leichenprocessen zuschriebe, was Wirkung des Lichtes in der Netzhaut ist.

Ich habe das von mir bewiesene Factum, dass nicht das Ab-

sterben, sondern ausschliesslich das Licht die Ursache der Entfärbung einer isolirten Retina ist, die wichtigste aller Thatsachen für die Bedeutung des Sehpurpurs zum Sehen genannt. Es liegt mir fern, damit die Bedeutung der *Boll*'schen Entdeckung, dass im Leben gehörig belichtete Frösche farblose Netzhäute bekommen, die den Ausgang aller heute vorliegenden Arbeiten über den Sehpurpur bildet und in dieser Beziehung bahnbrechend ist, abschwächen zu wollen und ich erkenne auch Herrn *Boll*'s Verdienst, das allgemeinere Vorkommen der Netzhautfarbe erkannt zu haben, bereitwillig an, obwohl ich gewünscht hätte, dass er in klarerer Weise, als es durch die Andeutungen in der Sitzung der Accad. d. Lincei vom 6. März geschehen, seine Bekanntschaft mit Max *Schultze*'s darauf bezüglichen Beobachtungen erklärt hätte. Weder das literarische Verhalten Herrn *Boll*'s, noch die Unterstützung, welche er sich Seitens des Redacteurs der Annales d'Oculistique und Verfassers des traurigen academischen Berichtes über die Louise Lateau gefallen lässt, werden mich von dieser Anerkennung abwendig machen. Verdienste, die Herr *Boll* darüber hinaus gegen mich in Anspruch nimmt, bestreite ich dagegen auf das Bestimmteste, denn sie fussen auf meinen Beobachtungen und waren seinen wissenschaftlichen Methoden unzugänglich.

In der Lehre vom Sehpurpur ist der Fall eingetreten, dass sich das Verhalten eines abgestorbenen, in seiner Gesammtleistung zerstörten Gewebes als Angelpunkt zur Erkenntniss der wichtigsten Vorgänge im lebenden herausstellt: ein an der Leiche zu constatirendes Phänomen eröffnete allein das Verständniss des Lebensvorganges. Wusste man nicht, dass der Sehpurpur in der todten Netzhaut und ganz unabhängig von der Beschaffenheit seines Standortes durch Licht entfärbt wird, so wusste man nicht, ob er in der lebenden Netzhaut durch Licht zersetzt oder durch Resorption entfernt werde; man wusste ferner nicht, was Herr

*Boll* von seinen Erfahrungen aus, mit Recht noch immer nicht wissen will, ob die Färbung auf einem chemischen Körper, die Entfärbung auf einem photochemischen Processe beim Sehen beruhe, man wusste endlich nicht, ob die Purpurbleiche nicht ein secundäres Phänomen an dem gereizten nervösen Organe sei, etwa der Säuerung des gereizten Muskels vergleichbar, man wusste also nicht, dass das Licht eine primäre Veränderung hervorbringt, die zum Nervenreize werden kann. Dass es heute so viele Antworten, wie jene Fragen gibt, ist die Frucht einer histologischen Untersuchung, welche sich von der Arbeit *Boll*'s darin unterscheidet, dass sie von der Beobachtung überall erst zum Experimente schritt, bevor sie wagte zu deduciren und den Boden der Speculation zu betreten.

Heidelberg, den 21. Sept. 1877.

# Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen.

Von W. Kühne.

---

Das Leuchten der Augen vieler nächtlich fliegender Schmetterlinge ist zwar sehr bekannt und seit *Roesel*, *Kleemann* u. A. vielfach beschrieben, aber es gibt darüber noch keine eingehende Untersuchung, welche das schöne und auffallende Phänomen so verständlich machte, wie es einst das Leuchten des einfachen Auges durch *Brücke's* classische Arbeiten wurde. Ich muss es mir aus Mangel sowohl an Material, wie an Erfahrung über den Bau des facettirten Auges, über welches die grossartigen Untersuchungen *Grenacher's* (Beilageheft z. d. klin. Monatsblät. für Augenheilk. XV. Mai) soeben erst neue und ungeahnte Aufschlüsse geben, leider auch versagen, tiefer als Andere auf den Gegenstand einzugehen, aber ich glaube einiger Beobachtungen, die ich im zufälligen Besitze weniger Exemplare von Acherontia atropos und von Notodon (trilophus?) machte, erwähnen zu dürfen, da dieselben meines Wissens neu sind und vielleicht Anregung zu weiterem Studium der Sache geben werden.

An den grossen vorstehenden Augen des Todtenkopfes ist das Leuchten Abends bei Lampenlicht ausserordentlich leicht zu bemerken; der Kopf des Thieres scheint zwei rothglühende Kohlen zu tragen, welche der Art den Eindruck des Selbstleuchtens

machen, dass man Mühe hat, sich von der ausschliesslich in Reflexion von Licht bestehenden Ursache zu überzeugen. Wenn ich in einer vollkommen geschwärzten Kammer, wo nichts wie mein Gesicht, Hände oder Wäsche bemerkbares Licht reflectirten, den Schmetterling unter den Tisch hielt, worauf die Lampe stand, so blieb das Leuchten noch höchst auffällig, obwohl der Träger der Augen kaum mehr zu erkennen war. Begreiflich genügte es die Flamme zu löschen, oder das eigene Auge und Gesicht so zu beschatten, dass kein Licht auf das Object reflectirte, um die Erscheinung sofort aufzuheben. Bei Notodon fand ich den Glanz des kleinen Auges zwar noch heller, im Gaslicht mehr gelblich, aber es bedurfte ähnlicher Cautelen, wie beim Sängerauge, oder des Augenspiegels um das Leuchten zu erkennen.

Da mich die intensiv rothe Farbe des leuchtenden Todtenkopfauges in Rücksicht auf die Annahme *Leydig's* (Archiv für Naturg. XXXXIII. 1. Bd.), dass die Purpurfärbung der Sehstäbe sich daran betheilige, interessirte, wollte ich die Untersuchung am Tage vornehmen, indem ich zerstreutes weisses Himmelslicht vom Heliostaten durch eine kleine Oeffnung in's Dunkelzimmer treten liess. Zu meinem Erstaunen war (11 Uhr Morgens) keine Spur des Leuchtens wahrzunehmen, sondern die Augen schienen an der Cornea wie mit dünnem Mattglase überzogen. Ebenso verhielten sie sich jetzt bei Lampenlicht und trotz Zuhülfenahme des Augenspiegels war erst Abends 6 Uhr wieder etwas von der Erscheinung zu bemerken, indess weniger intensiv als früher und nur bei bestimmten Stellungen des Kopfes zur Richtung des auffallenden Lichtes gut kenntlich. Sah ich das Auge von der Seite an, so erblickte ich nur ein kleines dreieckiges, leuchtendes Feld, in dem sich einige schwarze Figuren befanden, während ich von vorn ein grösseres rothglänzendes, kreisförmiges Bild sah. Nachdem ich dem Thiere bis 10 Uhr Abends Ruhe gelassen, fand ich die Augen wieder so auffällig und unter denselben Um-

ständen feurig glühend, wie am Abend zuvor, aber ich bemerkte, dass sie während des Augenspiegelns matter wurden, indem sich die lichte Kreisfläche unregelmässig einengte und schwarze Figuren darin auftraten. Wurde das vorspringende Auge aus anderer Richtung, mehr von vorn oder von oben betrachtet, so hatte man von Neuem das Bild einer grossen leuchtenden Scheibe, an welcher sich das Erlöschen ähnlich wiederholte. Nach viertel- bis halbstündigem Verweilen im Dunkeln war die Erscheinung abermals so glänzend wie zuvor. Offenbar brachte also Blendung im Auge die Veränderung hervor, welche die Rückkehr des einfallenden Lichtes zur Leuchtquelle oder zu meinem Auge hemmte. Um darüber Sicherheit zu haben, beleuchtete ich das wieder im Dunkeln ausgeruhte Auge mit der Flamme eines rasch abbrennenden 20 Ctr. langen Magnesiumbandes, während ich das der andern Seite mit schwarzer Wolle bedeckt hielt. Augenblicklich trat der erwartete Erfolg ein: in dem geblendeten Auge war jede Spur des Leuchtens erloschen, während das geschützte sich verhielt wie zuvor. So blieb das Verhalten während einer Stunde und vermuthlich während des grössten Theiles der Nacht, denn als ich am folgenden Morgen um 8 Uhr nachsah, fand ich am rechten (geblendeten) Auge immer noch kein Leuchten, während das linke, wie man es auch betrachtete, überall ein freilich sehr kleines, aber deutlich leuchtendes, kreisförmiges Feld erkennen liess. Um 10, 1, 4 und 6 Uhr war auch dieses verschwunden, Abends 8½ Uhr der normale Glanz beiderseits zurückgekehrt. Ich überzeugte mich um 11 Uhr nochmals von der vollen Entwicklung des Phänomens, ohne lange zu beobachten, da ich Blendung vermeiden wollte, und besah mir die Augen am dritten Morgen um 7½, 8 und 9 Uhr wieder. Jetzt war das allmählige Schwinden des Glanzes abermals zu constatiren, um 9 Uhr garnichts mehr davon zu bemerken und so blieb es bis 5 Uhr Nachmittags, wo das Leuchten wieder begann, um gegen

8 Uhr die grösste Intensität und Ausdehnung zu erreichen. Ebenso verlief der vierte Tag, aber Abends war die Erscheinung weniger intensiv, die scheinbaren Glühflächen kleiner und unregelmässig gestaltet; das Thier war jetzt ziemlich matt und zirpte nicht mehr beim Anfassen. Ich stellte noch einen Blendungsversuch an und bemerkte, dass es längerer Magnesiumbelichtung und vieler Wendungen des Kopfes gegen die Flamme bedurfte, bis das Auge aus jeder Richtung betrachtet, glanzlos erschien. Mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit sah ich jetzt, dass das Leuchten lokal verging, und z. B. nach blos seitlicher Belichtung von vorn und von oben noch recht intensiv auftauchte, als man von der Seite garnichts mehr bemerken konnte. Am fünften Tage, Morgens 9 Uhr, fand ich das Thier todt, das geblendete Auge vollkommen dunkel, während das linke von vorn und von der Seite, mit dem Augenspiegel betrachtet, noch ein sehr kleines, leuchtendes Scheibchen darbot, das jetzt vorgenommener längerer Magnesiumbelichtung Stand hielt. In den vor Natronlicht zerzupften Augen fand ich die Krystallkegel gut erhalten und diffus verbreitetes braun-violettes Pigment, das gegen andauerndes Tageslicht beständig war.

Bei einem 2ten sehr matten Exemplare von Acherontia mit unentfalteten Flügeln, sah ich weder am Tage, noch Abends irgend welche Spur von Leuchten. Herr Dr. *Weiss*, der mir das, übrigens am folgenden Tage sterbende, Thier brachte, berichtete, dass die Augen Tags zuvor um Mittag geleuchtet hätten und dass Magnesiumblendung wirkungslos gewesen sei.

Es wird durch fernere Beobachtungen festzustellen sein, ob das Erlöschen des Leuchtens trotz Verdunklung am Tage, wie ich es beobachtete, häufig und normal ist. *Max Schultze* gibt für Sphinx convolvuli (Die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insecten, Bonn 1868) sehr entschieden an, dass die Augen am Tage und im dunkeln Keller geleuchtet hätten. Da ich seine

Angaben kannte, habe ich nach dem widersprechenden Befunde nicht versäumt, meine Augen vor der Untersuchung sehr gründlich im Dunkelzimmer auszuruhen, obwohl ich garnicht bezweifelte, dass das feurige Glühen, das man Abends sieht, unter allen Umständen sichtbar sein müsse, sobald es vorhanden ist. Ich muss desshalb *Leydig's* Zweifeln, ob die Erscheinung zu jeder Tageszeit vorkomme (vergl. *Leydig*. Das Auge der Gliederthiere. Tübingen 1864), beitreten, aber als sicher hinzufügen, dass bei lebenskräftigen Thieren das Augenleuchten unter einer Bedingung constant erlischt, d. i. nach der Blendung.

Am Auge von Notodon fand ich, wie schon erwähnt, sehr intensives, nicht rothes, sondern gelbliches Leuchten, und da es an zwei sehr lebhaften Exemplaren den ganzen Tag bestand, konnte ich es auch mit Sonnenlicht erzeugen, worin es fast so weiss wie der Reflex eines Silberspiegels aussah. Im Centrum der kleinen blinkenden Scheibe bemerkte ich ein undeutliches, dunkles Pünktchen, das vielleicht dem eigenthümlichen Verhalten des Centrums der Retinula vieler zusammengesetzter Augen (vergl. *Grenacher* l. c.) entspricht. Wenige Minuten der intensiven Belichtung genügten, das Auge schwarz erscheinen zu lassen, wobei der helle Kreis sehr regelmässig von aussen her einging. Bis zur Rückkehr des ersten kleinen centralen Lichtpünktchens verging eine, bis zur vollen Entwicklung der hellen Scheibe 1½ Stunde. Je öfter der Versuch mit Sonnen- oder Magnesiumlicht wiederholt wurde, desto später und unvollkommener wurde das Leuchten beschränkt und wieder hergestellt, und bei dem einen Exemplare, das durch unvorsichtiges Anfassen gelitten hatte, war schliesslich die schon sehr klein gewordene lichte Fläche gar nicht mehr zu beseitigen. Als ich das andere Thier mit Chloroform tödtete, fand ich die vor der Betäubung maximal leuchtenden Augen vollkommen glanzlos. Die herausgenommenen Augen gaben denselben schmutzig-violetten, lichtbeständigen Pigmentbrei, wie die des Todtenkopfes.

Wenn festgestellt sein wird, wo die Reflexion des aus dem Insectenauge zurückkehrenden Lichtes stattfindet, wird man mehr als Vermuthungen über den Mechanismus des Erlöschens aussprechen können. Von manchen Augen werden Tracheen als silberglänzendes Tapetum im Hintergrunde beschrieben und die Inconstanz des Leuchtens auf den wechselnden Gasgehalt derselben zurückgeführt (*Leydig*); andere Augen enthalten Muskeln, alle, wie es scheint, dunkles Pigment. Für die Bedeutung des Letzteren beim Erlöschen des Leuchtens durch Blendung scheint mir besonders die Zeit zu sprechen, welche der Vorgang in Anspruch nimmt, die für den Schwund der Tracheengase zu kurz, für die Action der quergestreiften Muskeln zu lang sein dürfte.

# Untersuchungen über den Sehpurpur.

(Fortsetzung von Heft 2. S. 218.)

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

---

## II. Entstehung der Retinafarbe.

Unabhängig von den allgemeinen durch Blut- und Lymphströmung bewirkten Ernährungsvorgängen erfolgt die Rückkehr der Retinafärbung oder die Tränkung der Stäbchen mit Sehpurpur, nach der Zersetzung durch Licht, in der lichtempfindlichen Membran unter wesentlicher Betheiligung ihrer äussersten epithelialen Schicht. Wir werden diesen Vorgang als Regeneration, das Epithel, dessen Bedeutung für das Sehen damit zum ersten Male erkannt wurde, als den Regenerator, die darin enthaltene, wirksame, an die Stäbchen gelieferte Substanz als Rhodophylin bezeichnen. Mit dieser Namengebung wird so wenig, wie mit der für den Sehpurpur etwa Das bezweckt, was in der Chemie erst nach Reindarstellung neuer Körper üblich ist, sondern nur gesagt, dass eine eigene Substanz mit einer vor der Hand einzig erkennbaren, aber wesentlichen Eigenschaft anzunehmen sei, ein Verfahren, das in der Physiologie unumgänglich ist, wenn ihre Sprache nicht unnöthig beschwert werden soll. Da Fälle, in welchen physiologische Wirkungen auf etwas vom lebenden Organismus Trennbares zurückzuführen sind, zum Glück immer häufiger werden und fast die gesammte physiologische Chemie auf solchen fusst, so ist es an der Zeit, an die Noth-

wendigkeit einer der reinen Chemie gegenüber als vorläufig zu bezeichnenden physiologischen Nomenclatur zu erinnern, die nicht darauf warten kann, dass alle für Lebenserscheinungen wichtige Substanzen ihrer chemischen Constitution nach vollkommen erkannt seien. Um den Unterschied der hinter physiologischen und chemischen Namen stehenden Begriffe zu bezeichnen, dürfte es sich empfehlen, Dinge wie Pepsin, Invertin, Sehpurpur u. s. w., von denen wir z. Zt. nicht wissen, ob sie chemische Individuen oder Mischungen sind, nicht mit dem Worte „Körper", sondern mit dem Ausdrucke „Substanz" zu belegen.

Die Regeneration auf Wirkungen solcher Substanzen zurückzuführen, schien uns die erste und wichtigste Aufgabe der weiteren Untersuchung und wir haben, als wir dazu Aussicht fanden, einstweilen von der Fülle anderer Beobachtungen, die sich über den Process hätten anstellen lassen, abgesehen, in der Meinung, dass das allgemeine Interesse, welches er in Rücksicht auf zahlreiche analoge Vorgänge in der Nerven- und Muskelthätigkeit, so wie überall, wo es sich um den räthselhaften Wechsel von Arbeit, Ruhe und Erholung handelt, bietet, bald von anderer Seite Bearbeitung finden wird. Ausserdem scheint uns das Anknüpfen der Heringschen Hypothese über Dissimilations- und Assimilationsprocesse im Sehacte an die objectiv nachweisbare Zersetzung und Rückbildung des Purpurs so naheliegend, dass wir die Ausbildung dieser Basis einer in gleicher Richtung zu bildenden Theorie für um so nothwendiger hielten.

### Von der Autoregeneration.

Seit lange war dem Einen von uns aufgefallen, dass Froschnetzhäute der Entfärbung durch Licht unter Umständen ungewöhnlichen Widerstand leisten, wo an eine Betheiligung des regenerirenden Epithels kaum zu denken war. Retinae ohne jede Spur mikroskopisch sichtbaren Epithelpigments vom Augengrunde ab-

gezogen, zeigten vertical aufgestellt am unteren Theile langsamere Ausbleichung, als am oberen, wie wenn etwas die Entfärbung Hemmendes herabgeflossen wäre. Dies gab Veranlassung, nachzusehen, ob reine epithelfreie Retinae nach vollkommener Ausbleichung im Dunkeln wieder Farbe annähmen.

Um die Netzhaut jeder Zeit von der Epithelschicht lockern zu können, empfehlen wir, die Dunkelfrösche lebend einige Stunden in Wasser von 30° C. zu setzen. Es ist zwar im Allgemeinen richtig, dass das Epithel, wie auch Herr *Boll* fand, bei Dunkelfröschen den Stäbchen nicht, bei belichteten sehr fest anhaftet, aber es giebt noch viele andere Bedingungen als Licht und Dunkelheit, welche auf den Zusammenhang der Stäbchen mit dem Epithel von ebenso grossem Einflusse sind. So lange wir diese Bedingungen nicht kannten, mussten wir die Lockerung der beiden äussersten Netzhautschichten in der Dunkelheit für inconstant halten, aber es ist uns gelungen, die Ursache der Unregelmässigkeiten z. Th. aufzudecken und seitdem Präparate jeden gewünschten Verhaltens herzustellen. Vor Allem ist die Temperatur von ausserordentlichem Einflusse, ausserdem die Erhaltung des Kreislaufes im Bulbus. Frösche, welche 1—2 Stunden in Eiswasser gehalten wurden, liefern schwarze Netzhäute, indem das ganze Epithel mit ausschlüpft, und nicht viel besser verhalten sich die Präparate von solchen, die bei 5—10° C. im Dunkeln verweilten. Bei erwärmten Fröschen scheint andrerseits ½—1-stündiges Liegenlassen der Bulbi im abgeschnittenen Kopfe und trotz Erhaltung von etwa 30° C. dieselbe Erscheinung hervorzurufen, welche wir in diesem Falle von dem gleichzeitigen Erweichen des Bulbus durch Abnahme des intraocularen Druckes bedingt halten. Schnell präparirte Netzhäute erwärmter Dunkelfrösche wurden dagegen meist so rein erhalten, dass man Mühe hatte, mit dem Mikroskope Pigmentkörnchen auf oder zwischen den Stäbchen zu entdecken. Will man darin sicher gehen, so

ist es freilich nöthig das Präparat zu zerzupfen oder zu drücken, denn wenn man von hinten auf eine ordnungsmässig erhaltene Stäbchenschicht blickt, findet man alle Zwischenräume ausser den Stäbchenquerschnitten dunkel, fast schwarz, ohne dass Pigment daran Schuld wäre, eine Erscheinung, welche von der Brechung des von vorn auffallenden Lichtes durch die Paraboloïde der Innenglieder zur Axe der Aussenglieder und dem Fernhalten alles übrigen Lichtes von den Stäbchenzwischenräumen durch Reflexion an den genannten Gebilden herrührt. Es ist gut, sich nach dem gleich zu beschreibenden Versuche, wenn das Präparat geopfert werden kann, von dem Fehlen des schwarzen Pigmentes zu überzeugen.

Wir legten 2 derartig reine Netzhäute im feuchten Raume so lange an die Sonne bis jede Spur gelber oder chamois Färbung daraus verschwunden war, hielten die eine weiter im diffusen, sehr gemässigten Tageslichte des Zimmers und brachten die andere in's Dunkle. Nach einer Stunde war die letztere leicht chamois, nach 2 und 3 Stunden deutlich rosa und blieb so noch 24 Stunden. Als wir die Präparate am andern Vormittage vertauschten, war der Erfolg wieder so, nur dauerte es etwas länger, bis die zweite Retina die Rosafarbe annahm, und diese war nicht ganz so intensiv, wie an der vorigen, an welcher das Licht sie jetzt wieder verwischt hatte. Da der Versuch mit jeder isolirt gebleichten Retina eintraf und der Tausch oft bis zum 3. Tage mit gleichem Erfolge zu wiederholen war, so wussten wir bereits mit leidlicher Sicherheit, dass es sich hier um etwas Anderes handele, als um die durch lebendes Epithel bewirkte und immer viel intensivere Regeneration in Gegenwart des letzteren. Wir wollen die Erscheinung daher als Autoregeneration bezeichnen, ohne damit bereits sagen zu wollen, dass nicht pigmentfreie Epithelreste, die zwischen den Stäbchen stecken können und dort schwer nachzuweisen wären, daran betheiligt seien. Dieselbe

Autoregeneration sahen wir auch, wenn die Retina nur bis zum Gelb ausgeblichen war; dann wurde sie im Dunkeln vorübergehend chamois, schliesslich rosa, und wenn wir sie im Lichte hatten chamois werden lassen, so schlug dies oft erst zurück in Gelbroth, ehe reines Rosa auftrat. Ganz entfärbte Retinae wurden in den ersten Stadien zuweilen deutlich rein gelb, dann chamois u. s. w.

Um zu sehen, ob sicherlich abgetödtete Netzhäute Autoregeneration besässen, brachten wir die Retina im Dunkeln während 24 Stunden in gesättigte Kochsalzlösung, wuschen sie in weiteren 24 Stunden in NaCl von 0,5 pCt. gründlich aus und legten sie gut abgetropft in's Licht, bis die schöne rosenrothe Farbe verschwunden war. So gelang der Versuch noch besser, insofern die Farben, Gelb, Chamois, Rosa, viel deutlicher nacheinander im Dunkeln auftraten, als an den ungesalzenen Präparaten. Wir können nicht entscheiden, ob dies von wirklich gesteigerter Regeneration oder von der besseren Sichtbarkeit der Farben auf der im Uebrigen viel weisslicher und undurchsichtiger gewordenen Membran herrührte. Das Vertauschen und öftere Wiederholen des Versuches glückte hier ebenfalls besser, wie im früheren.

Da wir jetzt wussten, dass es eine Regeneration des Sehpurpurs giebt, woran sich kein lebendes Gewebe betheiligt, und dass die erstgebildete Farbe Gelb, die letzte Purpur ist, schlossen wir, dass es neben dem Sehgelb und dem Sehweiss eine Substanz in der Netzhaut gebe, welche die Regeneration im Dunkeln bewirke. Liess sich dieses Rhodophylin, dem wir die Wirkung auf die Bleichungsproducte zuschrieben, der Membran entziehen?

Der letzte Versuch wurde so abgeändert, dass wir eine aus der gesättigten Salzlösung genommene Retina in der Sonne mit grösseren Mengen halbprocentiger NaCl-Lösung, also während der Entfärbung auswuschen. Diese in's Dunkle zurückgebracht, zeigte noch nach 24 Stunden keine Spur von Regeneration.

Wurde die Retina wie Anfangs im Dunkeln ausgewaschen und nachher in viel dünner Salzlösung gebleicht, so kehrte ebenfalls keine Farbe zurück. Die Salzlösung hatte also der gebleichten Retina etwas entzogen, das nothwendig war, um die Farbe wieder herzustellen, und wir mussten uns daher fragen, ob das Sehweiss oder das Rhodophylin extrahirt war. Die extrahirte Retina in den Focus der übervioletten Strahlen gehalten, fluorescirte ebenso intensiv weisslich grün, wie jede isolirt gebleichte, nicht gewaschene Netzhaut, woraus wir schlossen, dass nicht das Sehweiss, sondern das Rhodophylin in die Salzlösung übergegangen sei (vergl. Heft 2, S. 174). Wir blichen desshalb ein Dutzend pigmentfreier Salzretinae in einer sehr kleinen Menge verdünnter Salzlösung aus und filtrirten im Ganzen einige Tropfen einer etwas opalisirenden, schwach alkalischen Lösung ab. Einige Netzhäute wurden weiter vollkommen ausgewaschen, bis sie die Autoregeneration eingebüsst hatten. Diese mit dem Filtrate im Dunkeln begossen, färbten sich jedoch niemals wieder.

Die Autoregeneration gelang nicht nur in der 1/2 p. Ct. NaCl haltenden, sondern auch in der gesättigten Lösung; nur dauerte die vollkommene Entfärbung bis zum Schwinden des Sehgelb in der Sonne mehr als eine Stunde, und es bedurfte mindestens 5—8 Stunden, um etwas Gelb, zuweilen eine Spur von Chamois wiederkehren zu sehen; Rosa trat niemals auf. Etwas besser glückte der Versuch in concentrirtem Glycerin, insofern wenigstens ein sehr schwacher rosa Anflug nach 24 Stunden zum Vorschein kam. In $NH_3$ und in Sodalösung war keine Wiederkehr der Farbe zu bemerken.

Da wir aus unseren Beobachtungen über Fluorescenz der Retina Unterschiede zwischen der lebend und der isolirt gebleichten Netzhaut kannten, deren Ursache wir in dem Fehlen des Sehweiss bei der ersteren vermutheten, schlossen wir, dass Netzhäute, welche intra vitam des Purpurs beraubt worden, der Autorege-

neration unfähig sein müssten. Um den Versuch anzustellen, hatten wir uns epithelfreie, gebleichte Netzhäute zu verschaffen, was auf dem bisherigen Wege durch Erwärmen der Frösche nicht ausführbar war. Wir fanden dazu ein sehr gutes Mittel, indem wir die schon einige Stunden im Freien belichteten Frösche mit Curare vergifteten und so feucht hielten, dass sie in weiteren 3 Stunden ödematös wurden; jetzt kam die Netzhaut trotz ununterbrochener Besonnung so gut und so pigmentfrei aus dem Bulbus, wie bei warm gehaltenen Dunkelfröschen. Sie war natürlich vollkommen farblos, aber sie blieb es auch in der Dunkelheit: es gab da keine Spur von Autoregeneration, und wenn wir sie noch mit NaCl behandelten, wie die isolirt belichteten, so änderte sich darin nichts. Einwände, die wir uns machten, dass das Curare-Oedem neue wesentliche Aenderungen im Auge erzeuge, glauben wir fallen lassen zu dürfen, denn die Regeneration verlief intra vitam im Dunkeln bei diesen Fröschen ebenso wie bei gesunden, ausserdem im exstirpirten Bulbus oder bei Berührung der Stäbchenschicht mit Epithel, ganz so, wie bei allen lebend entpurpurten.

Nach diesen Erfahrungen wussten wir mit Sicherheit, dass es eine Autoregeneration des Sehpurpurs gebe, welche als ein rein chemischer oder physikalischer Process aufzufassen sei, der von allgemeineren und darum unklaren Lebensvorgängen abgetrennt verlaufen kann; aber der vergebliche Versuch, Sehweiss und Rhodophylin erst zu trennen, dann wieder auf einander wirken zu lassen, liess uns zunächst nicht über diese erste Etappe hinauskommen.

Um auf die eingangs erwähnte Beobachtung über das langsamere Ausbleichen des unteren Theiles senkrecht hängender Netzhäute, welche zur Entdeckung der Autoregeneration führte, zurückzukommen, müssen wir bemerken, dass dieselbe augenscheinlich nicht damit zusammenhängt. Wir haben im Gegen-

theile gefunden, dass mit Salzlösung gründlich gespülte Retinae jene Erscheinung niemals zeigen, und schliessen daraus, dass dem gewöhnlichen Netzhautpräparate wirklich regenerirende Epithelreste oder kleine Mengen gelösten Rhodophylins anhaften, welche beim Aufhängen nach abwärts fliessen. So müssen wir schliesslich in dem in dieser Hinsicht gegensätzlichen Verhalten der von allen auswaschbaren Anhängseln befreiten Netzhäute einen starken Grund erkennen, die Autoregeneration einem Rhodophylin zuzuschreiben, das sich in den Stäbchen selbst befindet oder in sie vom Epithel her bereits eingedrungen ist.

### Von der epithelialen Regeneration.

Wir wenden uns zur Regeneration mittelst des Epithels, die dem Einen von uns (Heft 1, S. 8) durch das sehr einfache Zurücklegen gebleichter Netzhäute auf den entblössten Epithelgrund gelungen war. Zur Vereinfachung der Darstellung soll hier zunächst ausschliesslich von der Regeneration isolirt gebleichter Netzhäute gehandelt werden.

Man überzeugt sich leicht, dass das Retinaepithel das einzige Gewebe ist, welches die Stäbchen wieder färbt: Einführung gebleichter Netzhäute in den Lymphsack des lebenden Frosches, Auflegen auf eine Schleimhaut, oder auf frische Muskelquerschnitte, Befeuchtung mit Blut oder Lymphe, Speichel, Harn, mit Humor aqueus oder dem Glaskörper haben darauf nicht den mindesten Einfluss, soweit nicht die Autoregeneration, die man kennen muss, dabei in Frage kommt; es ist dabei auch gleichgültig ob die Retina im Lichte nur gelb und chamois oder ob sie ganz farblos geworden ist. Wie auffällig dagegen die Wiederfärbung im Epithelgrunde zu jeder Zeit sein mag, hätten wir doch einige Kritik des Versuches lieber gesehen, als die stillschweigende Verwendung, die er bereits gefunden; wir können dem Leser darum eine Kritik, welche wir nachträglich selber daran übten, nicht ersparen.

Da die Stäbchen sehr häufig nicht sämmtlich mit der Retina aus dem Bulbus kommen, sondern ebenso gut am Epithel streckenweis hängen bleiben, wie dieses an jenen, so kann der Augengrund, in welchen die gebleichte Netzhaut zurückkehrt, noch purpurne Stäbchen enthalten, die mit der letzteren erst zum Vorschein kommen, wenn sie nach einiger Zeit zum zweiten Male herausgenommen wird. Dieser Fall ist gar nicht selten und ereignet sich, wenn die Netzhaut Pseudooptogramme trägt, (vergl. S. 232) immer. Wo das blosse Auge keine Pseudooptogramme erkennt, findet man solche in Gestalt falscher foveae centrales, in denen sich nur noch Zapfen finden, oft mikroskopisch, und da würde eine fleckige oder diffuse und schwache Scheinregeneration eintreten können nur durch Ankleben der zurückgebliebenen Stäbchen. Es war uns deshalb sehr erwünscht, den Versuch mit Fröschen vorzunehmen, deren Retina vollkommen ohne Verlust von Stäbchen zu Tage zu bringen war. Ueberaus sicher wird dies erreicht, wenn man ausser der vorhin erwähnten Erwärmung noch das Curare-Oedem an den Dunkelfröschen zu Hülfe nimmt, wobei selbstverständlich noch darauf zu achten bleibt, dass man das exstirpirte Auge gleich präparire, da trotz aller zum Lockern des Epithels von den Stäbchen angewendeten Mittel, das Haften im isolirten Bulbus sich nach einiger Zeit fast immer wieder einstellt. Wir haben uns viele Male überzeugt, dass auf solche Weise die Retina ohne jeglichen Verlust an Stäbchen hervorzubringen ist, indem wir sowohl den Augengrund, wie die Netzhaut sorgfältig mikroskopisch untersuchten. Zeigte die letztere nirgends nur mit Zapfen besetzte Stellen (wir reden ausschliesslich vom im Aequator halbirten Auge), so wurde auch kein einziges Stäbchen zwischen den nachher entleerten schwarzen Massen des Grundes gefunden, und wenn wir eine so vollkommen zur Ansicht gebrachte Netzhaut nach dem Zurücklegen an den alten Ort wieder ganz gleichmässig purpurfarben fanden, so glauben

wir unsern Einwand für widerlegt halten zu können. So weit es an dem wiedergefärbten Präparate auf umgeklappten Rändern zu constatiren war, fängt die Regeneration an den hinteren Enden der Stäbchen an und schreitet allmählich nach vorn vor. Ob die grünen Stäbchen mit regenerirt werden, ist uns deshalb zweifelhaft, weil an diesen die Autoregeneration schon sehr viel leistet. Dass auch die besterhaltene Retina nicht jedesmal in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig wieder gefärbt wird, begreift sich, weil es nicht immer gelingt, sie vollkommen glatt in den Augengrund zurückzulegen, trotz aller und oft erfolgreicher Bemühung, sie ganz allmählich vom Rande her mit Vermeidung jeder Luftblase aufzulegen oder sich ansaugen zu lassen. Sehr vollkommen gelingt das Letztere aber, wenn man das Auge weit nach vorn öffnet, so dass die Iris gerade mit fortgenommen wird, und darauf die Netzhaut in toto, an der Linse, als kleines, den Glaskörper einschliessendes Beutelchen hervorzieht. In einigen Fällen, wo dies besonders vollkommen glückte, und wo allerdings auf die mikroskopische Untersuchung zu verzichten war, haben wir das Säckchen ganz unberührt, indem wir es weiter mittelst der Linse festhielten, erst an der Sonne entfärbt, dann in's Dunkle in den Bulbus zurück gebracht und darauf die schönste, vollkommen homogene, sehr intensive Regeneration erzielt.

Im Augengrunde konnte möglicher Weise noch etwas Anderes, als das Epithel den Purpur regeneriren: es war noch an die Chorioïdea, an die Sklera kaum zu denken. Doch haben wir nicht versäumt, die besonnte Netzhaut auch länger in entleerter Sklera liegen zu lassen, wobei indess nie etwas Anderes als die unvergleichlich schwächere Autoregeneration gesehen wurde. Um den Versuch nur auf der Chorioïdea in Abwesenheit allen Epithels anzustellen, verfuhren wir umgekehrt, wie bisher; wir hielten Dunkelfrösche einige Stunden in Eis und Wasser, wonach jede Netzhaut vollkommen mit dem Epithel bedeckt, tief schwarz aus

dem Auge, hervorkam, so dass der Grund ausschliesslich von der ganz undurchsichtigen Chorioïdea überzogen blieb. In diesen gelegte, entfärbte Retinae färbten sich ohne Frage etwas besser, als es die Autoregeneration vermag, aber wir glauben dies nicht der Chorioïdea zuschreiben zu sollen, sondern annehmen zu dürfen, dass das Epithel auch nach hinten etwas Rhodophylin abscheide oder zurücklasse. Wir konnten den Gegenversuch leicht machen, indem wir die zugehörige herausgenommene Retina mit der schwarzen Fläche auf die Stäbchenseite einer gebleichten legten, was denselben, wie bemerkt werden muss, selbst nach Stunden ungleich schwächeren Erfolg hatte, als nach dem Anlegen an die Vorderseite. Endlich haben wir die Retina von Eisfröschen benutzt, um daran den Einfluss des Pigmentepithels sowohl auf die Zeit der Bleichung, wie auf die Rückkehr des Sehpurpurs in der möglich vollkommensten Weise festzustellen.

Indem man ein solches Präparat mit der dunklen Rückseite gegen ein grosses Deckglas schmiegt und dasselbe hohl auflegt, erhält man für die mikroskopische Betrachtung das wahrhaft reizende Bild aller gefärbten Elemente der Retina. Hohe Einstellung zeigt zuerst den ungefärbten Theil der Epithelien, welche unter manchen, noch zu erörternden Umständen, mit glänzenden, farblosen Klümpchen eigenthümlicher, oft halbmondförmiger Gestalt gefüllt ist; darunter tauchen die goldfarbenen Fettkugeln auf, in jeder Zelle meist eine, und wenn man tiefer einstellt, erscheint das aus Sechsecken gebildete Muster der Epithelmosaik. Dieses Bild ist nicht so, wie es gewöhnlich von abgestorbenen Präparaten gezeichnet wird: es zeigt keine farblosen oder hellen Leisten zwischen den Zellen, sondern diese sämmtlich begrenzt durch schwarzes Pigment, so dass man nie sagen kann, wo die eine Zelle aufhört und die benachbarte beginnt, und es scheint uns dies von einem Pigmentkranze herzurühren, welcher sich etwas höher in der Zelle befindet, also weiter nach hinten im

Auge liegt, als die in die Zelle ragenden Kuppen der Stäbchen. Wird von diesem Bilde um ein Geringes tiefer eingestellt, so treten in voller Deutlichkeit die optischen Querschnitte sämmtlicher Stäbchen mit ihrer Purpurfarbe, hie und da modificirt durch die darüber liegenden goldgelben Kugeln, deren Bilder jetzt verwaschen sind, auf. Wir zählen meist 7 Stäbchen in jeder Pigmentzelle, darunter gewöhnlich ein grünes, das irgend wo am Rande zu liegen pflegt. Da der Sehpurpur an solchen Präparaten so deutlich durchschimmerte, haben wir nicht unterlassen, daran die Zeit der Bleichung durch Licht mit der von epithelfreien Netzhäuten zu vergleichen, die wir erwärmten Fröschen entnahmen. Beide Präparate verweilten nach der Anfertigung zur Annahme gleicher Temperatur erst einige Zeit im dunklen Raume und wurden darauf so unter 2 Mikroskope vor dieselbe Lichtquelle gebracht, dass die Beleuchtung ausschliesslich von unten durch die gleich grossen Diaphragmen geschah. In dem vom bewölkten Himmel mittelst des Heliostaten kommenden Lichte war der sichtbare Theil der epithelfreien Netzhaut meist um 10 Min. eher bis zum hellen Chamois entfärbt, als der des andern Präparates, von dem man erst in 11 bis 12 Min. sagen konnte, dass die Stäbchen sich nicht mehr weiter veränderten. Genauer vermochten wir die Zeit nicht zu bestimmen, da es unmöglich ist, durch das Epithel hindurch die letzten Spuren von Rhodopsin oder von Xanthopsin wahrzunehmen. Wir liessen die Präparate jetzt nach Entfernung der engen Diaphragmen bei dem nicht sehr intensiven Lichte noch 15 Min. liegen, schnitten eine Ecke des Epithel führenden ab, und überzeugten uns durch Abschaben des Präparates, dass kein Purpur mehr zum Vorschein kam. Als das Licht jetzt zwei Stunden fern gehalten worden, sah man durch das Epithel hindurch wieder deutlich purpurfarbene und grüne Stäbchenquerschnitte, während die andere Retina, unter dem Mikroskope wenigstens, nur sehr

trübe grüne, zwischen der grossen Menge hell lila aussehende zeigte. In anderen Fällen besahen wir die regenerirte Netzhaut nicht mikroskopisch und unverletzt, sondern nach dem Abschaben des Epithels von einigen Stellen, wonach der Purpur sehr deutlich zu erkennen war.

Der eben beschriebene Versuch beweist, wie wir hoffen unwiderleglich, dass es das Retinaepithel im Auge ist, welches den Sehpurpur der Stäbchen regenerirt. Wir wollen aber die Bemerkung nicht unterdrücken, dass die Regeneration bei diesem Verfahren nie so vollkommen glückt, d. h. dass die Stäbchenfärbung, obwohl unvergleichlich intensiver, als nach der Autoregeneration, niemals so tief wird, wie nach dem Wiederanlegen gegen das Epithel im Augengrunde. Zum Theil beruht dies wohl auf der Berührung der hinteren Epithelfläche mit dem Deckglase, denn die Regeneration schien besser zu werden und eher einzutreten, wenn wir die Präparate mit der Vorderseite gegen das Glas legten, was freilich genauere mikroskopische Untersuchung aus noch mitzutheilenden Gründen sehr erschwerte. Da die Berührung der Stäbchen mit dem Regenerator nach dem Abziehen des Epithels niemals wieder so wird, wie sie war, sollte man die Methode des Zurücklegens für die schlechtere halten, allein es scheint, dass das Herausnehmen und Entblössen der Rückfläche dem Epithel mehr schadet, als die Beraubung seiner vorderen Fortsätze von dem Stäbchenfilze. Das Zurücklegen zeigte sich endlich ausnahmslos früher, oft schon bis zum Maximum der Färbung, nach $^1/_2$ Stunde, wirksam, als die andere Methode.

Zahlreiche neuere Versuche bestätigten uns die früheren Angaben (Heft 1, S. 9), dass die Epithelregeneration durchaus an die ersten Stunden des Ueberlebens der Gewebe geknüpft ist. In hoher Sommertemperatur können die genannten Erscheinungen daher ganz ausbleiben und bei 8—12$^0$ C. wurde nach 24 Stunden kein Erfolg mehr erzielt. Wie konnten wir hoffen, dieses unerfreuliche

Factum mit der von den Gesammtlebensbedingungen ganz unabhängigen Autoregeneration in Uebereinstimmung zu bringen?

Zunächst wurde festzustellen gesucht, ob das Epithel oder die Retina überleben müsse. Wir fanden sogleich, dass es nur auf den Zustand des ersteren ankomme, denn als wir eine ausgebleichte und mehrere Tage feucht gehaltene trüb und matschig gewordene Netzhaut in einen frischen Epithelgrund legten, fanden wir dieselbe an den Stellen, wo sie noch zusammengeballte und stark veränderte Stäbchen trug, deutlich purpurn. Ebenso wurden Salzretinae, die im Dunkeln ausgewaschen, nach dem Abtropfen im Lichte entfärbt waren, unzweideutig besser gefärbt, als es jemals durch Autoregeneration geschieht, was durch vergleichende Versuche vollkommen sicher zu stellen war. Um jeden Zweifel zu heben sowohl, wie in anderweitigem Interesse, haben wir endlich Salzretinae, die während des Auswaschens gebleicht wurden und keine Autoregeneration mehr besassen, in lebende Epithelgründe gebracht: auch diese wurden wieder gefärbt. Getrocknete oder in Glycerin gelegte, später nach dem Erweichen in dünner Salzlösung und nach dem Abtropfen gebleichte Präparate so zu färben, wollte uns freilich nicht gelingen, aber die Erfahrungen an der gesalzenen Retina scheinen uns damit nicht entkräftet und der Schluss berechtigt, dass abgestorbene Netzhäute vom lebenden Epithel regenerirt werden.

So kamen wir zu folgender Ueberlegung: Der Regenerator enthält entweder Rhodophylin, wie die der Autogeneration fähigen Stäbchen, aber er giebt es nur im Leben oder im Ueberleben an die Letzteren ab, oder er enthält davon keinen merklichen Vorrath, sondern bildet es in dem Maasse, als die Substanz von der Stäbchenschicht beansprucht wird. Im letzteren Falle besonders konnte die Nothwendigkeit des Ueberlebens so viel heissen, wie Erhaltung eines Secretionsvorganges und Auslösung

desselben durch das Anlegen oder durch die Gegenwart der gebleichten Stäbchen.

### Von der Regeneration des gelösten Sehpurpurs.

Zur Zeit, als dem Einen von uns die Freude wurde, den Sehpurpur in Lösung zu gewinnen, konnte Nichts näher liegen, als etwas gebleichte Purpurlösung in den frischen Augengrund zu tröpfeln und nachzusehen, ob die Farbe zurückkehre. Der Versuch geschah auch sogleich, aber man erhielt einen Tropfen schwarzer Tinte, weil das Epithel bis auf die suspendirt bleibenden gelben Kugeln und schwarzen Körnchen aufgelöst wurde. Das Verfahren wurde darauf mit grösseren Mengen und einer beträchtlichen Anzahl von Augengründen wiederholt, die Tinte filtrirt und durch mehrtägiges Stehen eine oben sehr pigmentarme Schicht abgehoben; aber dieselbe war und blieb missfarben, ebenso eine Mischung der Epithelcholatlösung mit der des gebleichten Purpurs, oder eine Lösung, die nur aus Netzhäuten, an denen das Epithel haftete, bereitet und durch Licht einmal gebleicht war. Auch das Einlegen gebleichter Netzhäute in die Epithellösung blieb erfolglos. Wir wissen heute, aus welchem Grunde jene Versuche sämmtlich missglückten und glauben kaum, dass wir die ausserordentlich zahlreichen und mühsamen Experimente, mit denen wir eine andere Bahn einschlugen, angestellt haben würden, wenn wir es eher gewusst hätten. Gleichwohl sehen wir keinen Grund, die Darstellung des wirklichen Verlaufes unserer Arbeit aufzugeben und von den genannten Bemühungen zu schweigen, denn wir können dieselben nicht für verloren halten, da die Betretung eines anderen Weges uns in den Besitz zahlreicher Gegenversuche brachte, welche die beste Kritik unseres schliesslichen Erfolges enthalten. Endlich hoffen wir Leser zu finden, denen es nicht gleichgiltig ist zu erfahren, wie man es anfing, in dem Gewirre anscheinend widersprechender und beziehungsloser Thatsachen den richtigen Weg zu finden.

Obschon sich die Galle als ein gutes Lösungsmittel für den Zellenleib der Epithelien erwies, liess sie doch zwei Bestandtheile derselben ungelöst: das Pigment und die gelben Tropfen. Ueber das Verhalten des Kerns kamen wir nicht ganz ins Klare: derselbe scheint nicht gelöst, sondern nur sehr durchsichtig zu werden und zu quellen; die häufig vorkommenden farblosen Klümpchen sahen wir dagegen unter dem Mikroskope völlig vergehen. Sollten wir dem schwarzen Pigmente und den gelben Tropfen das Rhodophylin zutrauen? Wir standen davon ab, denn das schwarze Pigment scheint zu indifferent und fehlt den Albinos, welche auch Purpur regeneriren, gänzlich, und die gelbe Materie fanden wir nirgends in der Retina der darauf untersuchten Säuger (Ochs, Schwein, Kaninchenalbinos). Ueberdies war jener gelbe Farbstoff schon ausgeschlossen, als wir sahen, dass Extracte der im Dunkeln über $SH_2O_4$ getrockneten Augengründe, die mit Alkohol, mit Aether, mit Chloroform, Benzol, Chlorkohlenstoff u. s. w. bereitet waren, nach dem Verdunsten die gelbe Substanz hinterliessen, welche mit dünner Salzlösung, oder mit Lymphe in Emulsion verwandelt, oder ohne dergleichen, direkt auf gebleichte Netzhäute oder in entfärbte Purpurlösung gebracht, niemals deren Färbung wieder herstellten. Wir kehrten darum noch einmal zur Galle zurück in der Meinung, dass das Rhodophylin nur unter ganz bestimmten weiteren Bedingungen wirke, und probirten die Cholat-Epithellösung mit reducirenden Zusätzen, von Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff, ammoniakalischer Eisenoxydullösung u. s. w. oder umgekehrt, im Ozonstrome in Wirkung treten zu lassen, aber Alles ohne Erfolg. Darauf wurde versucht, das Epithel sogleich gefrieren zu lassen, oder eiskalt mit verdünntem NaCl von 0° zu extrahiren, ferner Extraktion bei gewöhnlicher Temperatur mit derselben Salzlösung, mit Glycerin, mit Soda, mit kohlensaurem Ammoniak oder mit Aetzammoniak, mit sehr verdünnter, Sehpurpur nicht entfärbender Milchsäure, oder Essig-

säure und Alles dieses wieder bei gleichzeitig wirkenden Oxydations- und Reductionsmitteln — wiederum vergeblich. In der Meinung, dass das Rhodophylin erst gebildet oder abgespalten werde, wurden die Epithelien mit kaltem Alkohol behandelt, und das Unlösliche den angegebenen Extractionsmitteln unterworfen, auch Erwärmen bis 35° C. angewendet, was ebenso erfolglos war, und obgleich wir wussten, dass der Regenerator ohne vorgängige Belichtung seine Schuldigkeit thut, wurden zu sämmtlichen aufgeführten Versuchen Augengründe aller Belichtungsstadien, auch mit farbigen Gläsern belichteter Frösche verwendet, ohne jedoch andere Resultate zu gewähren. Da wir glaubten, dass das Einlegen der Retina im Regenerationsversuche als Reiz auf das absondernde Epithel wirke, wurden die ganzen oder die von der Netzhaut befreiten Augen längerer Behandlung mit Inductionsströmen unterworfen, oder als mechanisches Reizmittel Schnitzel feinen Seidenpapiers 1—2 Stunden auf die Vorderfläche gelegt und, als dies noch nicht half, an Stelle des Papiers Stückchen der flimmernden Gaumenschleimhaut des Frosches genommen, womit wir die Epithelien sanft zu reizen und mit etwas dem Stäbchenfilze Aehnlichem zu bedecken trachteten. Wir brauchen kaum zu sagen, dass Nichts hiervon zu unserm Ziele führte, und wenn wir denken konnten, dass etwa die Dunkelheit, im Sinne der Beobachtungen *Brücke*'s an den Pigmentzellen der Chamäleonhaut, als Reiz für die retinalen Epithelzellen ausdrücklich heranzuziehen sei, so mussten wir davon abstehen, weil sich der grösste Theil unserer angeführten Erfahrungen schon auf im Dunkeln verarbeitetes Material bezog.

Nach so vielen vergeblichen Bemühungen stand wenigstens das eine negative Resultat fest, dass das Epithel unter keinem der äusserst verschiedenen Umstände, unter welchen es bearbeitet worden, eine in den für Gewebe gebräuchlichen Extractionsmitteln lösliche Substanz von rhodophylactischen Eigenschaften enthalte. Wir kehrten darum zu dem alten Mittel, der Galle, die am

Stäbchenpurpur gute Dienste geleistet hatte, zurück, in der Meinung, dass der Vorgang der Autoregeneration, den wir als unabhängig von allen übrigen Lebenserscheinungen erkannt hatten, unmöglich ein besonderes Substrat mit einer schlechthin unlöslichen Substanz zur Wirkung auf den sammt seinen Bleichungsprodukten löslichen Purpur erfordern könne. Schon einmal, ganz im Anfange dieser Arbeiten, war, um es hier zu sagen, eine im Dunkeln erfolgte Rückfärbung an gebleichten Purpurlösungen wirklich gesehen worden, und zwar an einer Mischung von Lösungen epithelarmer und epithelreicher Präparate. Da es aber während vieler Monate nie hatte gelingen wollen die Erscheinung wieder hervorzurufen, glaubten wir lange uns getäuscht zu haben, bis wir endlich, durch die Noth gedrängt, überdachten, welche anscheinend unwesentliche Aenderung sich in den Versuch eingeschlichen habe, und zu ihm zurückkehrten. Die Ueberzeugung, dass die künstliche Rückbildung des Sehpurpurs gelingen müsse, war zu tief, und erregte zu grosse Hoffnungen auf weitere Arbeiten über die Natur desselben, als dass wir nicht jede Modification des Lösungsverfahrens gern geprüft hätten.

So fiel uns ein, dass die in der wärmeren Jahreszeit benutzten Cholatlösungen des Epithels, wie der Stäbchen, immer Aether enthalten hatten, worunter wir die gereinigte Galle, um der Fäulniss einigermassen vorzubeugen, aufzuheben pflegten, und dass hieran der Grund unserer Misserfolge gelegen haben konnte. Es hatte zwar niemals das nicht unbedeutende Quantum Aether, welches die Galle auflöst, dem darin gleichzeitig enthaltenen Sehpurpur Schaden gethan, aber eine hemmende Wirkung auf den Regenerationsprozess war denkbar. Wir wurden darin bestärkt, als wir sahen, dass ein an der Luft gestandener, gefaulter Rest von Purpurlösung, den gebleicht zu haben wir uns erinnerten, eines Tages deutlich purpurn aus dem

Dunkelzimmer hervorgebracht wurde. Der Boden des Gefässes war mit schwarzem Pigment bedeckt, also Epithel mit in Lösung gegeben. Als die Flüssigkeit am Lichte wieder gebleicht worden, theilten wir sie in zwei Hälften und stellten die eine in's Dunkle, während die andere bis zum folgenden Mittag im Hellen blieb. Jetzt war eine, wenn auch schwache, röthliche Färbung an der ersteren augenfällig. Dass die Fäulniss nichts zu der erfreulichen Erscheinung beigetragen, glaubten wir annehmen zu dürfen, weil wir zu oft gebleichte Purpurlösung oder Netzhäute mit Epithelmassen in geschlossenen Gefässen hatten faulen sehen, ohne Rückkehr des Purpurs.

Wir schlossen daher, dass die Verdunstung des Aethers uns begünstigt habe, und verwendeten in der Folge nur Galle, welche vor dem Gebrauche durch Kochen von Aether befreit war, zugleich ein kaum schlechteres Fäulniss verzögerndes Verfahren, als der frühere Zusatz. Beiläufig mag hierzu bemerkt werden, dass vor dem Gebrauche des Aethers bei Darstellung und Reactionen des Sehpurpurs ebenso zu warnen ist, wie bei vielen anderen empfindlichen chemischen Substanzen, da das käufliche Fabrikat selten rein ist. Auch das schlechteste, alkoholhaltige schadet freilich nicht, soweit es in Galle löslich ist, aber wir sind in letzterer Zeit immer auf Aether gestossen, welcher feuchte Froschnetzhäute momentan, fast getrocknete etwas langsamer entfärbte und nach dem Waschen mit Wasser, besser mit Sodalösung, Zersetzung des Purpurs, obgleich erst nach einigen Stunden, bewirkte. In der Chemie des Sehpurpurs haben wir den Aether darum seit länger durch Benzol oder durch sog. Petroleumäther ersetzt.

Mit den neuen, auch dosirten Gallelösungen haben wir zunächst die angenehme Erfahrung gemacht, direkt ohne nachträgliches Eindunsten sehr concentrirte, fast wie ammoniakalische Carminlösung aussehende Filtrate von der Retina zu gewinnen, wenn

die Lösung mehr als 5 p. Ct. Cholate enthielt; weiter lernten wir die Purpurlösung schneller filtriren, indem wir die winzigen unlöslichen Reste der Membran sich erst vollkommen absetzen liessen, worauf die Flüssigkeit kaum schlechter als Wasser durch Papier lief. An diesen Lösungen wurde nun sofort die von der Retina bekannte Autoregeneration beobachtet. Wir brauchten dieselben nur in der Sonne bis zur vollkommenen Farblosigkeit ausbleichen zu lassen und 40 Min. bis 1 Stunde in's Dunkle zu stellen, um sie wieder ganz deutlich rosa gefärbt zu finden. In weiteren 24 Stunden blieb diese Farbe im Dunkeln constant. Zwei bis drei mal liess sich die Entfärbung an der Sonne wiederholen und immer kehrte die Farbe zurück, aber schwächer und schwächer, zuletzt nur chamois oder gelb. Ganz wie an der Retina trat in 20—30 Min. zuerst Gelb, darauf Chamois, zuletzt Rosa auf, und wenn wir die Ausbleichung nur bis zum Gelb hatten gehen lassen, kehrte das Rosa schneller zurück. Das Experiment ist von solcher Sicherheit, dass wir es zur Demonstration in Vorlesungen geeignet halten. Die Cholatlösung wird dazu am Besten 2procentig genommen.

Seit wir ätherfreie Purpurlösungen verwenden, hat es uns scheinen wollen, als ob deren totale Ausbleichung, d. h. die schliessliche Umwandlung von Gelb zu Weiss, auch in direktem Sonnenlichte wesentlich langsamer verlaufe, als wir es früher an ätherhaltigen sahen.

Welchen Grund konnte die Autoregeneration in der Lösung sowohl, wie in den Stäbchen haben? Gehörte der Purpur zu der Classe von Farbstoffen, die auf Zeuge fixirt, beim Tragen verschiessen und nach längerer Schonung aus dunklen Schränken gebessert zum Vorschein kommen? Die letztere Thatsache dürfte ebenso allgemein bekannt, wie wenig aufgeklärt sein, auf Reductions- und Oxydationsprocesse schliessen lassen, aber von solchen wussten wir, dass sie über den Sehpurpur nichts ver-

mögen. Ausserdem liess sich die Regeneration nicht beliebig oft wiederholen; Was dabei mitwirkte, wurde ersichtlich nach und nach erschöpft, und das hing nicht von der Dauer der Beleuchtung, sondern von dem Wiederholen des Lichtabschlusses ab, für das lebende Auge zugleich ein bemerkenswerther Umstand, welcher die Annahme abweist, dass die Echtheit des Netzhautpurpurs intra vitam auf anderen Gründen beruhe, als auf der bis zu einem gewissen Grade der Dauer und Intensität des Belichtens, dem Bleichen entgegenarbeitenden Regeneration. Wir hielten darum an der Meinung, welche wir dem fundamentalen Einflusse des Epithels einmal entnommen hatten, fest, dass neben dem Purpur, bez. dem Sehgelb und Sehweiss eine Substanz, das Rhodophylin, in oder zwischen den Stäbchen und ebenso in der Cholatlösung der Netzhaut enthalten sei, welche die Regeneration veranlasse, dass also im strengeren Sinne keine Autoregeneration bestehe. Hier musste die Epithellösung entscheiden. Wir kürzten den dazu in Aussicht genommenen Versuch, dessen Schwierigkeiten nachher erörtert werden, zunächst in folgender Weise ab.

20 Frösche wurden geköpft, die Augen exstirpirt, eine Stunde nach der Präparation des letzten gewartet und aus allen die Netzhäute mit dem gesammten Epithel bedeckt herausgenommen. Indem wir das schwarze Häufchen mit Galle behandelten, bekamen wir eine Lösung der Stäbchen sowohl, wie der Epithelleiber. Als dieselbe schwarz und trübe durch das Filter gegangen, liessen wir sie im Röhrchen einige Stunden stehen, hoben vom stärksten Pigmentsatze ab und suchten den noch recht bedeutenden Antheil an suspendirten schwarzen Körnchen im flachen Uhrglase zu beseitigen. Wer sich auf das Isoliren und Schlemmen von Blutkörperchen versteht, kennt das Verfahren: wir suchten das Pigment durch Rütteln, Drehen und Schwenken zusammenzutreiben, so dass es nach längerer Ruhe

auf einen Haufen gedrängt zu Boden ging. So war 24 Stunden später die klare Flüssigkeit abzusaugen. Dieselbe war natürlich tief purpurfarben, aber wir glaubten daran bemerken zu können, dass sie, an gedämpftem Lichte wenigstens, nicht so rasch entfärbt wurde, als andere ebenso intensiv gefärbte Lösungen, die wir aus epithelfreien Netzhäuten erhalten hatten. Etwas Anderes war aber zweifellos: die Lösung wurde nach maximaler Ausbleichung in weniger als 15 Min. im Dunkeln wieder farbig und war nach einer Stunde deutlich rosenroth. Da grade vortrefflicher Sonnenschein den ganzen Tag begünstigte, haben wir das Bleichen und Wiederfärben mehrere Male vorgenommen und am folgenden Tage wiederholt. Dabei fiel uns auf, dass anfänglich kein deutlich gelbes Durchgangsstadium vor dem ersten Erscheinen des Rosa zu bemerken war, obwohl sich die Purpurfärbung, ebenso wie es früher bei der Autoregeneration gesehen worden, entschieden schneller im Dunkeln wieder entwickelte, wenn die Ausbleichung nur bis zum Gelb gediehen war. Erst beim 2ten Male wurde dieses regenerirte Gelb deutlich und kehrte schliesslich allein nach der Bleichung wieder zurück, wie denn überhaupt die Intensität der regenerirten Farbe mit jedem Versuche abnahm und die Zeit ihrer Entwicklung wuchs.

Wir glaubten nun den letzten Versuch des Wiederfärbens gebleichter Stäbchenlösung durch Zusetzen reiner Epithellösung leicht hinzufügen zu können, aber hier stiessen wir auf zwar nicht unerwartete, indess für unsere nächsten Zwecke wenig wünschenswerthe Hindernisse. Es war nicht möglich das Epithelium, nach Entfernung der Retina aus dem Auge, hinlänglich rein zu erhalten. Lag es zu Tage und der Chorioïdea an, so war es nicht ohne diese zu verarbeiten. Alle Anstrengungen es mit feinen Hakenpincetten abzuziehen oder es mit angelegtem Seidenpapier abzuheben, lieferten kein hinreichendes Material, und so blieb nichts übrig, als die ganzen Augengründe, nach mög-

lichster Säuberung der Rückseiten von Muskeln und Bindegewebe, zu verarbeiten. Die Chorioïdea mit dem Epithel von der Sklera zu lösen, hatte keinen besonderen Sinn und war wegen des durch Gefässe vermittelten Haftens unbequem. Das so erhaltene Präparat hatte den Nachtheil Blut einzuschliessen, so dass die daraus hergestellte Cholatlösung immer etwas Hämoglobin enthielt. Froschblutkörperchen widerstehen der Galle zwar anders, als die der Säuger, aber das Hämoglobin wird ihnen damit doch entzogen und musste in unsere Lösungen übergehen, weil der Brei der zerschnittenen Augengründe überall freie Blutkörperchen aufwies. Dennoch waren wir sehr überrascht die Lösung nach Entfernung des schwarzen Pigmentes ziemlich tief und dabei etwas purpurn gefärbt zu finden, noch mehr, als wir sie an der Sonne augenscheinlich abblassen sahen, ungefähr wie wenn wir bluthaltige Stäbchenlösung (aus dem Ochsenauge) vor uns hätten. Die Entfärbung dauerte freilich bedeutend länger und ging nur so weit, das schmutzige Blutgrün hervortreten zu lassen, das venösen Blutlösungen in grosser Verdünnung eigen ist*). Mit Luft geschüttelt, wurde die Farbe hellgelblichroth und dann sahen wir daran spectroskopisch den Streifen $\alpha$ des Hämoglobins entstehen. In's Dunkle zurückgebracht, wurde sie in 30 Min. wieder hell kirschfarben, um dann am Lichte von Neuem in's Grünliche zurückzuschlagen, kurz, die Erscheinungen waren ähnlich wie an Stäbchenlösungen mit epithelialer Regeneration, so dass wir denken mussten, wider unsere Absicht sehr viele Stäbchen auf dem Epithel gelassen zu haben.

---

*) Es ist leider heute noch nöthig auf *Brücke*'s bekannte Beobachtung der grünen Färbung dünner Schichten venösen Blutes aufmerksam zu machen, da die Erscheinung mit dem Sehpurpur in Verbindung gebracht worden ist. Quetscht man Froschnetzhäute, deren Hyaloïdea merklich Blut enthält, besser noch die Retina des Hundes zwischen zwei Glasplatten, so wird die schwach grünliche Färbung des Blutes bemerkbar, während blutfreie Retinae dabei nur lila bis farblos werden.

Wir wiederholten daher den Versuch sofort und nahmen dazu so gründlich ödematös gewordene Curare-Frösche, dass die Netzhaut von allen in toto mit der Linse herauskam. Nachdem die Hintergründe mit der Scheere zerschnitten waren, nahmen wir Tröpfchen aus dem Brei unter das Mikroskop; wir fanden in der That einzelne Stäbchen, jedoch so wenige, dass wir glaubten, die Purpurfärbung der Lösung etwas Anderem, als der kleinen Menge in diesen Stäbchen enthaltenen Sehpurpurs zuschreiben zu müssen, wenn sich die frühere Erscheinung wiederholte. Das Letztere geschah nun auf das Unzweideutigste und gab uns die Ueberzeugung, dass im Epithel selbst unter Umständen Purpurbildung vorkomme.

Wie gering der Hämoglobingehalt der auf dem letzten Wege erhaltenen Epithellösung sein mochte, war er doch gross genug uns gegen die Wahrnehmung der feinen Farbendifferenzen, auf die es ankam, misstrauisch zu machen, wenn wir damit etwaige Verstärkung der Regeneration reiner Stäbchenlösungen nachweisen wollten. Wir wiederholten daher vorerst die früheren Beobachtungen über das Verhalten von Epithel-Stäbchenlösungen vergleichend zu dem reiner Stäbchenextrakte. Diesmal wurden dazu 20 Dunkelfrösche genommen, welche 3 Stunden in Eiswasser gesessen hatten, und die schwarzen auf das vollkommenste vom Epithel bekleideten Netzhäute in Lösung gegeben. Zum Vergleiche wurden die sehr reinen, vom vorigen Versuche übrig gebliebenen Netzhäute verwendet. Beide Präparate wurden mit 1,5 C. Cent. derselben Cholatlösung gleich lange extrahirt, filtrirt, die schwarze Lösung im Uhrglase von Pigment befreit und während dieser Zeit in so feuchtem Raume gehalten, dass Concentration durch Verdunsten vermieden blieb. Die Färbung der beiden Flüssigkeiten war ungleich, in der gemischten entschieden tiefer. Es wurden daher durch Verdünnen der letzteren 2 Proben von annähernd gleicher Farbensättigung hergestellt, beide

gleich lange an der Sonne bis zu blassem Strohgelb gebleicht und in's Dunkle zurückgesetzt. Nach 20 Min. war die Mischlösung schön rosa, während die andere nur deutlicher gelb bis chamois aussah, nach 40 Minuten waren beide rosa, aber die erstere dunkler, mehr rosenroth, nach 4 Stunden diese rothpurpurn, die andere nicht über das anfängliche Rosa hinausgekommen. Am folgenden Tage wurde das Belichten und Verdunkeln fortgesetzt und es zeigte sich, dass die Rückkehr der Farben in der Mischlösung noch viele Male, freilich mit abnehmender Deutlichkeit auszuführen war, als die andere bereits ganz farblos blieb, oder nach längerer Lichtentziehung höchstens schwach strohgelb wurde. Hierauf gossen wir 1 Vol. der nur noch hellrosa werdenden Mischlösung zu 2 Vol. der nicht mehr autoregenerationsfähigen Stäbchenlösung, belichteten das Ganze noch einmal und setzten es in's Dunkle zurück. Da Abends nicht mehr über die Farbe zu entscheiden war, konnten wir erst am andern Morgen nachsehen und da fanden wir trotz doppelter Verdünnung, welche die letztere Lösung erlitten hatte, die schönste rosenrothe Farbe hergestellt, über deren Entstehungsweise wir nicht in Zweifel sein konnten, weil wir sie zwischen 2 Gegenproben hatten, der einen, kaum gelblichen (aus der Stäbchenlösung), und der andern hell rosafarbenen (aus der Lösung von Epithel Stäbchen), welche beide unter gleichen Verhältnissen neben der nachträglich gemischten im Dunkeln gestanden hatten.

Wie befriedigend und entscheidend das eben genannte Resultat sein mochte, so glaubten wir doch keine Mühe scheuen zu sollen, die Wiederfärbung von Stäbchenlösungen durch reine stäbchenfreie Auflösungen des Epithels zu versuchen und die Darstellung der letzteren frei von störendem Hämoglobin anzustreben. Epithelgründe wurden zu dem Ende erst mit grösseren Mengen $^1/_2$-procentiger NaCl-Lösung geschüttelt, filtrirt, auf dem Filter mit etwas Wasser gewaschen, wobei Hämoglobin nachweisbar mit einigem schwarzen

Pigment entfernt wurde. Hierauf mit Galle behandelt, wurden offenbar wesentliche Antheile der Zellenleiber zerstört, denn was nun weiter filtrirte, war die uns wohl bekannte schwarze Tinte. Als dieselbe geklärt worden, sahen wir daran zu unserer Enttäuschung wieder etwas Hämoglobinfärbung und nichts im Verhalten gegen Licht, was auf den kleinsten Purpurgehalt zu schliessen berechtigte. Zu gebleichten Purpurlösungen gesetzt, verstärkte das Extrakt deren Autoregeneration nicht, und wo diese nicht mehr vorhanden oder undeutlich war, änderte der Zusatz daran nichts. Das Verfahren musste also verlassen werden und wir versuchten darauf so zum Ziele zu kommen, dass wir die Galle in die retinafreien Augengründe tröpfelten, nach $^1/_4$ Stunde zurückpipettirten und die kleine Flüssigkeitsmenge, welche so oberflächlich auf die Epithelfläche gewirkt hatte, dass sie auffällig wenig schwarzes Pigment enthielt, der mechanischen Klärung unterzogen. Was wir jetzt erhielten, war äusserst schwach gelblich gefärbt und ebenso wirkungslos auf gebleichte Stäbchenlösungen, wie das vorige Extrakt.

Da unser Vorhaben somit vereitelt blieb, haben wir die andere Methode der Vergleichung von Lösungen reiner Stäbchen und solcher aus Stäbchen plus Epithel weiter auszubilden gesucht. Indem wir den natürlichen Vorgängen folgten und uns der Erfahrung anschlossen, dass die Regeneration der Netzhaut an der Epithelplatte immer einige Zeit, bis zur Vollendung oft etwa 2 Stunden erfordert, gaben wir die epithelbedeckten Netzhäute erst einige Stunden nach der Präparation in Lösung. Die beste Vorschrift, welche wir geben können, ist diese: man verschafft sich 1) 40 epithelfreie Netzhäute, indem man 20 mit Curare vergiftete Dunkelfrösche erst 3 Stunden in kaltes Wasser, dann 2 Stunden in Wasser von 30° C. setzt und die Präparation der Augen bei jedem Einzelnen sofort nach dem Köpfen vornimmt; 2) setzt man 20 Dunkelfrösche eine Stunde in Eis, exstirpirt die Augen,

knipst von jedem den Opticusansatz ab, legt sie eine Stunde in einen feuchten Raum und nimmt hierauf die Netzhäute sammt dem Epithel von der Chorioïdea ab. Diese schwarzen Präparate lässt man zweckmässig noch 2 Stunden auf dem Boden eines kurzen Probirröhrchens liegen, ehe die 2procentige Galle aufgegossen wird. Nach weiteren zwei Stunden, während deren die Masse zuweilen geschwenkt wird, ohne eigentlich geschüttelt zu werden, filtrirt man und benutzt die Nacht zum Absetzenlassen des schwarzen Pigmentes im Uhrglase. Am andern Morgen findet man, nachdem auch die Stäbchenlösung hergestellt und filtrirt worden, zwei starkgefärbte Flüssigkeiten, von welchen die des gemischten Objectes die dunklere ist. Vergleicht man das Verhalten der Extrakte, so ist ohne Weiteres das langsamere Ausbleichen des gemischten in mässigem Tageslichte zu erkennen, auch wenn man es durch Verdünnen mit Galle auf die hellere Farbe des andern gebracht hat. Vollständig an der Sonne oder von der Magnesiumflamme ausgebleicht, nimmt es viel eher im Dunkeln wieder Farbe an, als das andere, und gleich zu Anfang ist diese tiefer, mehr dem Purpur oder Rosa zuneigend, als in der Gegenprobe, eine Differenz, welche nach einigen Stunden höchst augenscheinlich wird. Je öfter die Regeneration wiederholt wird, was noch nach 3 — 4 Tagen trotz in der Regel zutretender Fäulniss möglich ist, desto schwächer wird sie natürlich; aber während die blosse Stäbchenlösung beim 3ten Male zu versagen pflegt, haben wir sie an der andern bis doppelt so oft bemerkbar gefunden, und endlich wieder mit grosser Deutlichkeit hervortreten sehen, wenn die im Dunkeln schon gänzlich farblos bleibende Stäbchenlösung zugesetzt wurde. So sind die Erscheinungen, wenn das Epithel einige Zeit nach der Isolation und Eröffnung der Bulbi in Lösung kam, während man die Differenzen, auf welche hier Gewicht zu legen ist, kaum merkbar findet, falls die schwarzen Netzhäute aus eben exstirpirten Augen von

Eisfröschen kamen und **sofort** in Galle geworfen wurden. Wir möchten hieraus schliessen, dass das retinale Epithelium bei Dunkelfröschen im Leben nur Spuren von Rhodophylin enthält, dagegen im Absterben oder in einem der Reizung verwandten Zustande davon mehr bildet, das dann durch Galle extrahirbar wird. Jetzt, wo man in der letzteren das Mittel dafür hat, werden die vorhin erwähnten Reizversuche zu wiederholen sein. Wir haben einstweilen darauf verzichtet, da uns die gleich zu berichtenden Beobachtungen z. Zt. nothwendiger schienen und einige Aussicht vorhanden ist auf müheloserem Wege zur künstlichen Regeneration zu gelangen, als der war, welchen wir betreten mussten.

Die Fluorescenzerscheinungen hatten uns zur Erkenntniss eines wesentlichen Unterschiedes zwischen isolirt und intra vitam gebleichten Netzhäuten geführt (Heft 2. S. 174), welcher nach unserer Auffassung durch Abwesenheit des Sehweiss' in den letzteren bedingt wird. War das richtig, so mussten im Leben entfärbte Netzhäute mit Galle farblose Auflösungen geben, in welchen weder Autoregeneration, wie an den Stäbchen selbst, noch Regeneration durch Dunkelepithel zu Stande kam. Dem ist nun wirklich so, denn die Lösung, welche wir aus solchen Netzhäuten von mit Curare ödematös gemachten Fröschen erhielten, war und blieb unter allen Umständen farblos und es liess sich damit nach 24-stündigem Verweilen im Dunkeln nicht die geringste Besserung der Färbung an einer anderen Lösung des früher beschriebenen Epithel-Stäbchenpräparates erzeugen, wenn diese an sich schon durch häufigen Wechsel von Licht und Dunkelheit das Vermögen deutlicher Wiederfärbung verloren hatte. Hier war Rhodophylin vorhanden, aber es fehlte in dem aus lebend gebleichten Netzhäuten zugeführten Materiale die Substanz, das Sehweiss nämlich, auf welche es wirken sollte, und in vollkommener Uebereinstimmung damit stand das Verhalten der Stäbchen solcher Netzhäute, denn wenn wir intra vitam gebleichte

Retinae in Epithelgründe von Dunkelfröschen legten, so sahen wir sie häufig entweder gar keine Färbung annehmen, oder erst nach 2—4 Stunden Spuren davon auftreten, welche bezeichnender Weise nicht gelb oder chamois, sondern hell lila ausfielen.

Hiermit gelangen wir zu einem Punkte, welcher besondere Beachtung verdient: es giebt zwei ganz verschiedene Weisen der Wiederfärbung von Netzhäuten, die eine mit Gelb oder dessen Nuancen beginnend, oft durch Orange oder entschiedenes Reinroth zum Purpur gelangend, die andere von vornherein mit blossen Verdünnungsgraden des Purpurs einsetzend, von Lila durch Rosa zu tiefem Purpur führend; die erstere ist der isolirt gebleichten oder intra vitam nur erblassten, nicht ganz entfärbten Netzhaut, die zweite der intra vitam vollkommen entfärbten eigenthümlich. Obschon es leicht ist die erste, niemals gelbliche, sondern stets lila aussehende Farbe an Fröschen zu erkennen, welche nach gründlicher Besonnung 20 — 30 Min. im Dunkeln verweilten, wird die Angabe eines Mittels willkommen sein, das die Beobachtung der Anfangsfarben ungemein erleichtert. Die Zeit der Regeneration ist nämlich abhängig von der Temperatur, so dass sie sich im heissen Sommer oft schon in einer Stunde, bei kühlerer Witterung erst in 2 — 3 Stunden, bei 0° erst in 9—12 Stunden vollendet. An Eisfröschen hat man darum 4 bis 6 Stunden Zeit, um die Lilafärbung der Netzhaut zu constatiren, welche dem herrlichen Rosa und dem letzten gesättigten Purpur vorangeht.

Welchen Grund konnte es für die oben genannte Differenz geben? Wir meinen, dass er in der Verschiedenheit des Bildungsprocesses der Farbe liege, dass in der isolirt gebleichten Netzhaut aller Purpur nach und nach aus den restirenden Bleichungsproducten gebildet werde, indem das Rhodophylin das Sehweiss erst in Sehgelb, dieses zuletzt in Sehpurpur verwandelt, während nach dem Schwunde des Sehweiss im Leben fertiges Rhodophylin aus den Epithelzellen in die Stäbchen tritt, der Art, dass Misch-

farben intra vitam überhaupt nur auftreten können, wenn entweder die Belichtung sie direkt erzeugte, oder wenn das Sehweiss noch nicht Zeit fand völlig aus den Stäbchen zu schwinden. Wir hielten diese Hypothese für richtig, wenn eine Bildung fertigen Sehpurpurs in den Epithelzellen nachzuweisen war.

Das einzige Object, an welchem der fragliche Purpurgehalt mikroskopisch nachweisbar wäre, dürfte das retinale Epithel albinotischer Thiere oder des Tapetums sein, dessen Zellen kein schwarzes Pigment enthalten, aber man kann es auch da nicht vorauswissen, ob sich jemals unter den geeigneten Bedingungen so viel Purpur ansammeln werde, dass man ihn in situ zu erkennen vermöchte. Am Epithel der Frösche glauben wir unter gewissen, sich aus dem Folgenden noch ergebenden Umständen, Andeutungen des Epithelpurpurs bemerken zu können und zwar in den der Stäbchenschicht zugewendeten, mit Fortsätzen versehenen, vorderen Theilen der Zellen. Indess erschwert das schwarze Pigment die Beobachtung so, dass wir von Niemanden verlangen dürfen auf den schwach röthlichen Anflug Werth zu legen, um den es sich da handelt. Glücklicher Weise lässt sich auf andere, vollkommen sichere Weise darthun, dass das Epithelium fertigen Purpur zu bilden vermag, denn wir haben ihn daraus dargestellt.

Andeutungen über Rhodogenese sogar im Dunkelepithel wurden bereits früher bemerkt (vergl. S. 270), und indem wir an jene anknüpften, fanden wir einen sehr einfachen Weg den Process im Epithel nachzuweisen. Wir setzten Frösche eine Stunde hinaus in die Sonne, vergifteten sie darauf mit Curare, liessen sie weiter 3 Stunden im Freien erst in kaltem, dann in 30° C. warmem Wasser liegen, so dass sie anschwollen, und entfernten im Hellen*) aus sämmtlichen Augen die Netzhaut, indem wir die-

*) Bei dieser und wenigen anderen Gelegenheiten konnte von der Nothwendigkeit alle Arbeiten über Sehpurpur im Natronlichte vorzunehmen, abge-

selbe in toto mit der Linse und dem Glaskörper hervorzogen. Hierauf wurden die schwarzen spiegelnden Augengründe vorsichtig mit halbprocentiger Kochsalzlösung betropft, etwas geschüttelt und ausgespült, um etwa zurückgebliebene von der Netzhaut abgerissene Stäbchen zu entfernen, und ein Theil der Augen sogleich, ein anderer erst nach 3stündigem Verweilen im Dunkeln mit Galle extrahirt. Dass keine in Betracht kommende Mengen von Stäbchen in den Augen zurückgeblieben waren, constatirten wir vor der Verwendung der Galle, indem wir etwas von dem beim Zerschneiden der Halbkugeln entstehenden schwarzen Brei mikroskopisch untersuchten und nur sehr wenigen Bruchstücken veränderter Stäbchen begegneten. Als die Gallelösungen filtrirt und durch Absetzen vom schwarzen Pigmente befreit waren,

---

sehen werden. Es dürfte von Nutzen sein zu bemerken, dass Gas- oder Kerzenlicht, selbst sehr gedämpftes Tageslicht im Nothfalle zwar aushelfen können, aber so häufig zu Unsicherheiten führen, dass man sich nachträglich zu Controlversuchen bei Natronlicht genöthigt sieht, wodurch die ohnehin aussergewöhnliche Mühe solcher Arbeiten unnöthig vermehrt wird. Rothes Licht wäre ohne Frage besser als gelbes, da es noch weniger auf Sehpurpur wirkt, und wir haben es darum öfter mit Hilfe vortrefflich gearbeiteter, durch rothes Glas oder rothe Flüssigkeiten lichtgebender Laternen verwendet, wenn unsere Augen an der flackernden Natronflamme den Dienst versagten. Dennoch musste im Allgemeinen zu dem abscheulichen gelben Lichte zurückgekehrt werden, weil man im rothen des Vortheils entbehrte, das Blut unterscheiden zu können, so dass Präparate, die im Natronlichte wie von Tinte beschmutzt aussahen, für gut passirten. Es versteht sich von selbst, dass man von der Natronbeleuchtung so wenig, wie aus dem Dunkelzimmer überhaupt, unmittelbar zur Beurtheilung von Farben im Tageslichte schreitet, sondern zu warten hat, bis das Auge ausgeruht ist und keine Contrastfarben mehr wahrnimmt. Das Object wird so lange in einem schwarzen Kästchen verwahrt. Glaubt man die Zeit der Augenruhe aus Furcht vor Veränderungen der Präparate durch Absterben oder, wie es vorkommen kann, durch schnell wirkende chemische Agentien, nicht abwarten zu dürfen, so muss man zu Zweien arbeiten und sich die Präparate aus dem Dunkelraume bringen lassen. Alle in diesen Abhandlungen mitgetheilte Feststellungen über Farbennuancen wurden unter Beachtung der genannten Cautelen ausgeführt.

zeigte die sogleich hergestellte und verarbeitete, geringe schmutzig grünliche, vom Blute herrührende Färbung, welche, an einer im Dunkeln bleibenden Gegenprobe controlirt, nach längerer Besonnung durchaus unverändert blieb, während die andere so rosenroth war, wie wir bisher nur Stäbchenlösungen gesehen hatten, und am Lichte in der evidentesten Weise bis auf die geringe vom Blute stammende Färbung ausblich. Nach 4-stündiger Verdunkelung war daran auch etwas Regeneration zu bemerken. Wir sind durch diesen mehrfach wiederholten Versuch vollkommen überzeugt, dass in den Epithelzellen Alles enthalten ist, was zur Bildung fertigen Sehpurpurs beisammen sein muss. Ob diese Bildung im Leben wirklich in den Zellen erfolgt, lassen wir bei der Unsicherheit der bisherigen Beobachtungen über Färbungen des Epithels unentschieden, was übrigens zunächst an der Bedeutung des gefundenen Factums wenig ändert, da man die Rhodogenese auch für den Moment des Ueberganges der daran betheiligten Substanzen zu den Stäbchen aufgespart denken kann. Die Wirkung der Galle in den beschriebenen Versuchen wäre dann so aufzufassen, dass unter ihrem lösenden Einflusse, welcher sicher alle wesentlichen Substanzen betrifft, Dinge auf einander in Wirkung gerathen, welche es im Zellenleibe nicht thaten, weil sie dort räumlich getrennt waren. Hierüber wird die Zukunft ebenso erst entscheiden können, wie über die Frage, woraus das Epithelium lebend entpurpurter Frösche den Purpur bereitet; wir zweifeln kaum, dass es aus altem Materiale geschieht, indem das Sehweiss im Leben wohl nur desshalb aus den Stäbchen schwindet, weil es in das Epithel nach hinten tritt.

Es dürfte hier am Platze sein einiger Erfahrungen über Regeneration des Sehpurpurs in den Stäbchen zu gedenken. Vergegenwärtigt man sich, was beim Sehen gemischten Lichtes vorgeht, so begreift man, dass die der Länge des Stäbchens entsprechende Purpurschicht zuerst vorne gebleicht werden muss,

während die folgenden Schichten um so besser vor der Zersetzung geschützt bleiben, je weiter sie nach hinten liegen; weil dahin nur Licht solcher Wellenlängen dringt, das vorn nicht absorbirt wurde, also rothes und etwas violettes, welches unverhältnissmässig schwach auf Sehpurpur wirkt. Die wirksamste Leistung des Regenerators ist also auch vorn zu erwarten, und dass sie da erfolge, verbürgt das Vortreten der Epithelfortsätze bis an die Innenglieder der Stäbchen. So wird es erklärlich, dass sich die Stäbchen, falls die Belichtung nicht übermächtig wirkte, in ihrer ganzen Länge gefärbt erhalten und nach totaler Ausbleichung, während der natürlichen Dunkelregeneration sogar die erste schwache Lila-Tingirung von vorn bis hinten gleichmässig annehmen. Für das Epithel folgt aus der Anordnung der vor ihm liegenden Purpursäulchen, dass es in seiner hinteren Kernregion so lange vorwiegend von rothem und violettem Lichte betroffen wird, als noch Purpur vorhanden ist, und dass es im Gange der Ausbleichung erst recht dasjenige Licht empfängt, von welchem im Allgemeinen die schwächste chemische Wirksamkeit bekannt ist, nämlich gar kein violettes mehr, sondern nur rothes und gelbes. Man wird daher voraussetzen können, dass kurzwelliges Licht seinen regenerativen Funktionen besonders zuträglich, anderes gefährlich sei. In der That verhält es sich so, denn wenn der Purpur g ä n z l i c h erblichen ist und Licht a l l e r Wellenlängen das Epithel erreichte, bedarf dasselbe 1—2 Stunden, um den Stäbchen die frühere Menge des Farbstoffes wiedergeben zu können, während es nach nicht ganz vollendeter Bleichung nur einiger Minuten bedarf, um den alten Zustand wieder herzustellen. Wir haben Frösche höchstens 10 Minuten in der Sonne oder einige Stunden im Tageslichte des Laboratoriums gehalten, bis die Netzhäute nicht farblos, sondern hell orange oder chamois geworden waren, und darauf in's Dunkle zurückgebracht. Nahm man dann 5—10—15 Min. später eine Netz-

haut heraus, so wurde sie wieder tief roth, zuweilen brandroth gefunden, weil offenbar noch etwas nicht regenerirtes Sehgelb neben dem Purpur darin steckte. In Fällen, wo die Farbe nach kurzer Besonnung gerade noch erkennbar war, haben wir nach 20—30 Min. schon den tiefsten Purpur wieder hergestellt gesehen. Diese Beobachtungen liessen sich ganz exact anstellen, weil der Frosch nicht weiter zu leben brauchte, nachdem das erste Auge vor dem Effecte der Dunkelheit untersucht worden, insofern das andere im abgeschnittenen Kopfe, oder selbst exstirpirt und feucht gehalten, liegen bleiben konnte. Doch haben wir auch an Augen verschiedener Individuen, also nicht so streng vergleichbar experimentirt, ausserdem einen Theil der Versuche so ausgeführt, dass das erste Auge dem Lebenden exstirpirt wurde, und der Frosch, nachdem ein geölter Wattepropf in die leere Orbita gedrückt worden, mit dem andern Auge am Leben blieb. Indess fanden wir mit der letzten und ersten Methode niemals Unterschiede, welche das vom Blute versorgte Froschauge vor dem isolirten bevorzugt scheinen liessen.

Um zu sehen, ob das rothe Licht das Epithel am Regenerationsgeschäfte nicht hindere, wurden Frösche in der Sonne ihres Purpurs vollständig beraubt und unter mehreren Lagen rother Gläser weiter besonnt, unter welchen sich, durch einen Glaszaun getrennt, bereits aus dem Dunkeln ebendahin gesetzte Frösche befanden. An diesen war constatirt, dass sie demselben rothen Lichte ausgesetzt stundenlang intensiv purpurne Netzhäute behielten. Man hätte nun erwarten können, an den andern, vorher weiss belichteten Fröschen die Netzhaut nach zweistündigem Aufenthalte unter der rothen Bedeckung so regenerirt zu finden, wie wenn sie die gleiche Zeit im Dunkeln zugebracht hätten. Wenn das rothe Licht nicht intensiv genug war, sahen wir dies freilich oft genug vorkommen, aber an Tagen wo die Sonne continuirlich unbedeckt blieb, fanden wir die Retina die-

ser Thiere noch nach 4—6 Stunden ungefärbt. Gleichwohl war die Regeneration hier nach den ersten beiden Stunden sicher fort und fort im Gange geblieben, aber es war der interessante Fall eingetreten, dass der Purpur fortwährend in demselben Maasse ausblich, als er hergestellt wurde, denn als wir diese Frösche in's Dunkle setzten, fanden wir ihre Retina nach 5—15, vollends nach 20 Minuten vollkommen so intensiv purpurfarben, wie die seit Tagen im Dunkeln gehaltener. Um den Versuch zu verstehen, muss man wissen, dass das rothe Licht keineswegs des Vermögens entbehrt, den Sehpurpur auch intra vitam vollständig zu bleichen. Zur Zeit der intensivsten Sonnenwirkung im Juni und Juli gelang es uns nämlich ganz gut, lebende und kalt gehaltene Frösche unter 3 Lagen dunkelrothen Glases, durch die man bei direkter Richtung zur Sonne mit dem Spectroskope nur roth bis C sah, in 2—3 Stunden vollkommen des Sehpurpurs zu berauben. Der genannte Versuch erzielte also deshalb Differenzen zwischen den beiderlei Fröschen, weil die einen die rothe Belichtung mit einem Vorrathe fertigen Sehpurpurs antraten, die andern nicht, so dass die ersteren davon immer einen Ueberschuss behielten, während die andern trotz Erholung des Epithels nach den ersten beiden Stunden, allen Purpur hergeben mussten, der gerade gebildet war. Zum Gelingen des Versuches bedarf es selbstverständlich einer mittleren Intensität des Lichtes, die wir bei reinem Himmel meist Morgens oder Nachmittags fanden.

Nach diesen Erfahrungen am Lebenden wendeten wir uns zu ähnlichen Versuchen an isolirten Augen, indem wir den mehr oder minder verderblichen Einfluss spectraler Belichtung auf das blossgelegte Epithel festzustellen dachten. Da inzwischen die künstliche Regeneration des Purpurs gefunden worden, glauben wir zukünftigen Untersuchungen über den Gegenstand bessere Methoden versprechen zu können, als die bis jetzt von uns befolgten, und führen daher nur kurz Folgendes an.

Es ist zwar richtig, dass der entblösste Epithelgrund durch direktes Sonnenlicht (Heft I, S. 69) an Regenerationsvermögen beträchtlich einbüsst, aber der Erfolg zeigte sich nach vielen Wiederholungen des Experimentes inconstant. Zum Theil beruht dies auf Wärmewirkungen, ausserdem auf dem Umstande, dass grosse Unterschiede in den Präparaten vorkommen. Gegen die ersteren war durch gutes Kühlen des Auges in einer in Eis gesetzten Metallschaale, während die übergelegte Glasscheibe berieselt wurde, einigermassen zu helfen, und die Vernichtung der Regeneration wurde auch unter solchen Bedingungen, obwohl später, nach $^{3}/_{4}$—1 Stunde oft erzielt; dass dabei aber jegliche schädliche Erwärmung an dem tief schwarzen Grunde ausgeschlossen worden, ist zu bezweifeln. Gegen den andern Umstand, verschiedener Beschaffenheit der Präparate selbst, giebt es leider kein Mittel, denn es liegt auf der Hand, dass die weichen Epithelfortsätze in den Augengrund zurücksinken, nachdem die Stäbchenplatte abgezogen ist, und dass es dem Zufalle überlassen bleibt, wie sich dann das schwarze Pigment vor die regeneratorischen Theile der Zellenleiber als Lichtschutz legt. Wir können deshalb keinen grossen Werth auf unsere Beobachtung legen, dass mit spectralem Roth und Violet belichtete Augengründe mehr im Regeneriren angelegter, isolirt gebleichter Netzhäute leisteten, als solche, welche den Farben aus der Mitte des Spectrums ebenso lange (1—2 Stunden) ausgesetzt waren, obwohl wir Manches thaten, um die Bedingungen gleich zu halten, indem wir die Augenhälften in eine silberne auf Eis gesetzte Rinne legten, auf welche wir das Spectrum entwarfen. Ein Verfahren, das uns übrig blieb, nämlich halbirte, im Leben zuvor entpurpurte Augen zu nehmen und das Epithel auf dem natürlichen Wege durch die Stäbchen hindurch zu belichten, unter Umständen also, wo die Epithelfortsätze ihre nach vorn gerichtete Stellung beibehielten, wird später zur Erörterung kommen,

da es enger mit dem Capitel über die Ausbleichung intra vitam zusammenhängt und die Behandlung der gegenwärtigen Frage in der vorangegangenen Veränderung des Epithels sowohl, wie in der Anwesenheit der die Epithelfunction sogleich in Anspruch nehmenden Stäbchenplatte mit einem neuen Factor beschwert. Eines Umstandes mag jedoch hier schon gedacht werden, nämlich der Veränderung, welcher das Epithel im Leben hinter den gebleichten Stäbchen unterliegt. Diese muss tiefgreifend sein, wie man schon aus der Langsamkeit des vollständigen Wiederkehrens der Stäbchenfarbe sieht, welche nicht nur von den Veränderungen der Stäbchenschicht durch die lange und intensive Belichtung herrührt. Man überzeugt sich hiervon am einfachsten, wenn man isolirt gebleichte Netzhäute, die im Dunkelepithel so leicht wieder Farbe annehmen, in solches soeben entblösstes Hellepithel, wie wir das Epithelium lebend entpurpurter Frösche nennen wollen, legt. Niemals werden die Retinae darauf eher, als nach 2 Stunden wieder merklich farbig, und häufig bleibt auch nach längerer Berührung im feuchten und zur Verhütung des Absterbens der Epithelzellen kühl erhaltenen Raume der Effect ganz aus oder ist sehr schwach. Dies hängt sicherlich mit einer geringeren Widerstandsfähigkeit solchen Epithels gegen die zahlreichen in dem Experimente unvermeidlichen, operativen, schädlichen Einflüsse zusammen, denn darauf Deutendes wird auch im Gange der Wiederfärbung einer demselben Auge zugehörigen und gar nicht abgehobenen Stäbchenplatte oft bemerklich: so lange der Bulbus geschlossen bleibt, oder höchstens am Opticuseinsatze umschnitten wurde, ist davon freilich nichts zu bemerken, aber es genügt, das Auge zu halbiren oder vorn zu öffnen und die Linse ausschlüpfen zu lassen, um die Regeneration zu schwächen oder zu verzögern. So wird also auch intra vitam eine starke Veränderlichkeit des Epithels durch Licht anzunehmen bleiben —

ob nur directer Art, oder mehr durch Erschöpfung im Anfange des Belichtens, wo es an den Stäbchen noch etwas zu leisten hatte, steht dahin. Welcher Art die Aenderung sei, ist auf dem Wege des Ausschlusses ungefähr zu vermuthen: da unsere Versuche das Rhodophylin gegen Licht nicht veränderlich zeigen, wird es sich mehr um einen functionellen Verbrauch desselben und um Erschwerung der Neubildung dieser Substanz handeln.

---

Es bleibt noch zu erörtern, welche im retinalen Epithel kenntlichen Bestandtheile die für die Regeneration bedeutungsvollen seien, und wir haben darüber schon bemerkt, dass wir uns nur an solche zu halten gedächten, welche so ausnahmslos auftreten, wie der Regenerationsprozess selbst. Wir hielten es daher nicht für erspriesslich, die pigmentirten Bildungen in's Auge zu fassen, welche so häufig fehlen, ohne damit übrigens sagen zu wollen, dass ihnen keine Bedeutung für den Sehact zukomme oder dass sie ganz indifferent seien. Das Letztere möchten wir selbst von dem anscheinend ausserordentlich widerstandsfähigen, krystallinischen, braunen oder schwarzen Pigmente nicht annehmen, denn wir haben öfter bemerkt, wie sehr z. B. die Grösse dieser Krystalle wechseln kann, und mussten fast vermuthen, dass gelegentlich und nicht ohne Beziehung zu Licht und Dunkelheit sowohl Ausscheidungen, wie Lösungen dieses merkwürdigen Körpers vorkommen. Zuweilen sahen wir einzelne der kleinen schwarzen Nadeln oder Prismen so auffällig von einem dunkelbraunen Hofe umgeben, oder mit ebenso gefärbten, lang ausgezogenen Anhängseln versehen, dass wir an die hübsche Erscheinung erinnert wurden, die man beim Einstreuen von Berliner Blau, übermangansaurem Kali u. a. sehr dunkeln, löslichen Farbstoffen in Wasser sieht.

Aus demselben Grunde, wie bei dem schwarzen Pigmente,

sahen wir auch von den gelben Oeltropfen des Epithels, deren Vorkommen ebenfalls ein beschränktes ist, in Hinsicht auf die Regeneration ab, und wir müssen bekennen, nicht verstehen zu können, wie man dazu kam, in dieser Richtung Fühlung zu suchen. Herr *Boll* sagt freilich, die gelbe Farbe, welche purpurne Netzhäute durch Behandlung mit Essigsäure annehmen, sei „absolut identisch" (Arch. f. Anat. u. Physiol. Heft 1. S. 17) mit der jener Oelkugeln, allein wir fanden daran nichts absolut, als dass es falsch ist. Die einfachsten Versuche zeigen, dass überschüssige Essigsäure von 10—30 p. Ct. die Retina nur anfangs gelb, später farblos macht, während sie die gelbe Farbe der Fettkugeln des Epithels gar nicht verändert. Mit Essigsäure gelb gewordene Netzhäute gaben ferner, so wenig wie die bis zum Sehgelb durch Licht veränderten, an Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff u. s. w. irgend welche Spur des Gelb ab, während das gelbe Fett der Epithelzellen von jenen Mitteln leicht gelöst wird. Wir haben diese Versuche mit 40 Netzhäuten vom Frosche und mit 12 vom Ochsen ausgeführt und dabei Sorge getragen gleichzeitig etwas farbloses Fett mit in Lösung zu geben, ohne jedoch etwas Anderes zu erreichen, so dass wir wohl mit einiger Sicherheit über diese augenscheinlich wesentliche Differenz urtheilen können. Ausserdem zeigte keins der gelben aus Rhodopsin zu erhaltenden Producte etwas von der durch 2 Absorptionsbänder ausgezeichneten Wirkung des gelben Epithelfettes (vergl. d. flgd. Cit.). Dass der Farbstoff des gelben Fettes im Retinaepithel etwas lichtempfindlich sei, stellen wir nicht in Abrede, allein wir halten es für zeitgemäss darauf aufmerksam zu machen, wie viele Farbstoffe in Organismen solche geringe Grade von Bleichung im intensiven Sonnenlichte zeigen. Stark verdünnte, aber noch sehr kenntlich gefärbte Froschgalle z. B. bleicht in zwei Stunden an der Sonne fast vollkommen aus. Wenn daher merkliches Abblassen der gelben Oeltropfen hinter

den Stäbchen nach langer und intensiver Belichtung vorkommt, so beweist dies wahrscheinlich, wie erheblich das Epithel durchleuchtet wird, wir können aber nicht umhin zu bemerken, dass es unrichtig ist, wenn die Herren *Boll* und *Capranica* (Arch. f. Anat. u. Physiol. Heft 2 u. 3. S. 284) ganz allgemein behaupten, die farblosen, eigenthümlich gestalteten Klümpchen, welche neben den farbigen Kugeln vorkommen, seien ausgebleichtes Fett. Man hat hier zweierlei zu unterscheiden: 1. echte Fettkugeln, fast oder ganz farblos, welche meist recht klein sind und in der Nähe grösserer, noch blassgelber Tropfen liegen, 2. aus ganz anderem Materiale, durchaus nicht aus Fett bestehende, farblose, stark contourirte, glänzende Klümpchen. Die ersteren sind in Aether und in Benzol leicht löslich, färben sich schnell mit $OsO_4$ tief braun und widerstehen Natronlauge von 10p. Ct., sowie der Galle, die letzteren sind in Aether und Benzol unlöslich, quellen in Natron colossal auf, verschwinden vollständig durch Galle und färben sich bei allmähliger Einwirkung von $OsO_4$ viel später, als die unmittelbar daneben liegenden Fetttropfen. Die Fetttropfen zeigen zuweilen unverkennbare Theilungsvorgänge.

Unter welchen Umständen die eben genannten, in Galle löslichen, farblosen Klümpchen entstehen, vermögen wir noch nicht mit Sicherheit anzugeben, da wir sie sowohl bei lange im Dunkeln gehaltenen, wie bei besonnten und bei abwechselnd belichteten Fröschen, zuweilen in erstaunlicher Menge, so dass ihr Volum das der Fetttropfen vielfach übertraf, gefunden haben. In anderen Fällen waren sie spärlich vorhanden und fehlten manchen Zellen gänzlich. Erwägt man das chemische Verhalten dieser Gebilde, so findet man so grosse Uebereinstimmung mit der Substanzenmischung, woraus die Aussenglieder der Stäbchen bestehen, dass man sich des Gedankens kaum erwehren kann, sie seien Zerfallsproducte dieser. Alle Stäbchen wurzeln bekanntlich in den Epithelzellen

mit unregelmässig gestalteten Kuppen, deren Oberflächen an überlebenden Präparaten wie angefressen aussehen und bei der überwiegenden Mehrzahl 3—4 quer verlaufende, sehr deutliche, runzelige Striche zeigen, die auf keinen andern optischen Effect, als den von unregelmässigen Oberflächen erzeugten zurückzuführen sind. Sollte da nicht eine Aufblätterung der Plättchensäule nach hinten und ein Hineinziehen der Zerfallsprodukte in den Leib der Epithelzellen vorliegen? Die langsamere Reaction auf $OsO_4$ und die mehr in's Olivengraue schlagende Färbung, welche die Klümpchen in den Epithelzellen annehmen, widerspricht dieser Auffassung nicht, denn es ist schon aus *Morano's* Arbeit (*M. Schultze's* Archiv, Bd. 8, S. 81) bekannt, dass der in's Epithel ragende Theil der Stäbchen durch das Reagens häufig auffallend schwächer gefärbt wird, als die Wurzel des äussern Gliedes am inneren, was augenscheinlich nicht an der Umhüllung durch Epithelsubstanz sondern an Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der vorderen und hinteren Theile eines Aussengliedes liegt. Wir haben ganze epithelfreie Netzhäute oder durch rasches Schütteln mit schwacher Kochsalzlösung in Emulsion isolirt erhaltene Stäbchen des Frosches mit grossem Ueberschusse von 1procentiger $OsO_4$ tagelang behandelt und immer eine bedeutende Anzahl schwach oder nur theilweise intensiv gefärbter Stäbchen gefunden, wie es schien, unabhängig von voraufgegangener Belichtung oder Verdunkelung. Einige Stäbchen waren in der ganzen Ausdehnung des Aussengliedes tief schwarz, andere nur olivenfarbig, sehr viele am einen Ende heller, und wo etwas vom Innengliede anhaftete, so dass Vorn und Hinten daran zu bestimmen war, fanden wir ohne Ausnahme, bei ungleichmässig vertheilter Färbung, die hellere hinten. Stärkere Schwärzung in der Mitte, zwischen zwei helleren Enden, wurde niemals beobachtet, obwohl wir manches Stäbchen antrafen, das in der Mitte eingerissen, gedrückt und so beschaffen war,

dass das Reagens dort gewiss am leichtesten Zugang fand. Ohne annehmen zu wollen, dass die farblosen, nicht aus Fett bestehenden Klümpchen des Epithels grade mit dessen regenerativem Vermögen für den Sehpurpur in Beziehung zu bringen seien, meinen wir ihnen doch eine Bedeutung bei dem ganzen merkwürdigen Stoffwechsel zwischen Stäbchen und Epithelzellen zuschreiben zu müssen und, obwohl man weder in den Stäbchen noch im Nervenmarke den die Osmiumreduction bedingenden chemischen Körper kennt, so dass man nur im Allgemeinen eine Betheiligung von Spaltungsproducten der Fette oder des Lecithins dabei anzunehmen pflegt, auch die Fetttropfen des retinalen Epithels in ähnlichem Sinne beachten zu sollen. Die letzteren kommen jedoch auch nicht allgemein vor; wir vermissten sie unter den Säugern beim Schweine, dem Rinde und dem Hunde, sowohl auf, wie neben dem Tapetum. Beim Kaninchen waren sie constant und auch bei dunkel gehaltenen Thieren vorhanden, aber nicht erkennbar oder so schwach gefärbt, wie es das Bindegewebsfett hier zu sein pflegt. Beim Frosche, wo alles Fett intensiv goldgelb gefärbt ist, sind es auch die Tropfen des Retinaepithels, und es ist uns unmöglich gewesen in der Löslichkeit, durch Reactionen oder an dem spectroskopischen Verhalten des aus den Augen einerseits, aus dem Fettkörper (auch aus der Haut) andrerseits isolirten gelben Pigments, irgend welche Unterschiede zu finden. Herrn *Capranica's* Untersuchungen (l. c.) über die durch Licht wenig veränderlichen Farbstoffe der Retina, werden nach dieser Richtung ausgedehnt, gewiss Manches fördern und vor dem vergeblichen Bemühen schützen, in jenen interessanten, für die chemische Bearbeitung eine wahre Fundgrube bietenden Stoffen nur einen einzigen mit dem Luteïn übereinstimmenden (Accad. d. Lincei, Vol. 1, S. 175) anzunehmen. Von der Vogelretina ist es bereits bekannt, dass sie mindestens zwei Farbstoffe in den Zapfen führt, einen grün-

lichgelben und einen rubinrothen, und es ist leicht an dem beliebig verdünnten rothen zu sehen, dass er niemals die Nüance des ersteren annimmt. Derselbe ist dann wiederum von dem Luteïn, dieses weiter von den Farbstoffen des Hühnereidotters so verschieden, dass hier mindestens 4 verschiedene, aber in gewissen Reactionen vielleicht Verwandtschaft bekundende Pigmente vorliegen. Diesen gegenüber steht der Sehpurpur mit seinen Zersetzungsproducten, ausgezeichnet durch die colossale Veränderlichkeit im Licht, durch die Unlöslichkeit in Fetten und in den Lösungsmitteln dieser, durch die Entstehung aus farblosem, nur in Galle löslichem Materiale.

Heidelberg, den 9. November 1877.

(Schluss folgt.)

# Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

(Hierzu Taf. II.)

---

Es sind bis dahin die Versuche im Sinne einer functionellen Vergleichung der verschiedenen Organe am Verdauungsapparate nur selten auf Fische und wirbellose Thiere ausgedehnt worden, sei es weil man einen zu ausschliesslichen Werth auf die Morphologie legte, oder sei es, weil man in der Untersuchungsmethode sich nicht sicher genug fühlte. Die Resultate der vergleichend physiologischen Arbeiten wurden, weil ihre Zahl eine geringe war, um so bereitwilliger aufgenommen und stehen ohne hinlängliche Sichtung neben einander.

Die Mittheilung meiner Versuche wird zur Genüge darthun, wie nothwendig es ist, durch Erneuerung und Erweiterung der physiologischen Versuche den Begriff der Abschnitte und Organe am Verdauungsapparate niederer Thiere klar zu stellen. Ich werde nämlich unter anderem zeigen, dass bei den Fischen die Drüse, welche die vergleichenden Anatomen „Leber" nennen, zuweilen verwickelter im Baue ist und mehr Functionen in sich vereinigt als die Säugerleber, das sogenannte Pancreas oft kein Pancreas ist. Aehnlich und noch mehr muss unsere Auffassung bei Articulaten und Mollusken verändert werden, wie das *C. Claus* (zur

Kenntniss des Baues und der Entwicklung von Branchipus stagnalis und Apus cancriformis. Abhandl. der k. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. Band XVIII. 1873. S. 39 und 40) und andere Zoologen bereits erwarteten.

Meine Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass sowohl Glycerinextracte, wie wässerige Auszüge nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode (Unters. aus dem phys. Institute der Univ. Heidelberg, Band I, Heft 2, S. 222) — bei welcher allein schon durch die Alkohol- und Aetherextraction der Gewebe der Eintritt von Fäulniss verzögert wird, — angefertigt wurden, und dass die enzymatischen Lösungen bei alkalischer Beschaffenheit mit Thymol, bei saurer Reaction mit Salicylsäure vor Fäulniss geschützt wurden. Die Controlversuche, welche in irgendwie zweifelhaften Fällen nie unterlassen wurden, bestanden theils darin, dass die enzymatische Verdauungsflüssigkeit gekocht und nach dem Erkalten das Fibrin hinzugesetzt wurde, theils liess ich auch nur die Zusatzflüssigkeit unter den nämlichen Verhältnissen wie die fragliche Verdauungslösung auf das Fibrin einwirken. Glycerinextracte wurden besonders dann bevorzugt, wenn es sich um den Nachweis des Pepsins handelte, die wässerigen Auszüge hingegen, wenn die Gegenwart des Trypsins dargethan werden sollte. Die Selbstverdauungsmethode, sehr wohl anwendbar bei der Astacusleber, lieferte mir bei den Molluskenlebern eine entweder unwirksame oder nur schwach verdauende Lösung. Diese Erscheinung wird wohl in dem sehr schleimigen Niederschlage, welcher bei Wasserzusatz in diesen Geweben entsteht, ihren Grund haben. Mittelst Glycerin erhielt ich aber aus den Cephalopoden- wie Limacidenlebern stets ein sehr wirksames Enzym, und das ist der Grund, weshalb in diesem Falle die Versuche ausschliesslich mit dem Glycerinextracte ausgeführt wurden. Nachdem ich mich an den Enzymen der verschiedensten Thiere überzeugt hatte, dass sich in allen Fällen eine Temperatur von

$37^0$—$40^0$ C. für derartige Versuche am günstigsten erweist, wurde diese im Allgemeinen eingehalten.

Was zunächst die Verdauung bei den Wirbellosen betrifft, so sind zuerst[1]) von *Samuel Basch*[2]) an Periplaneta (Blatta) orientalis L. Versuchsreihen ausgeführt, welche ergaben, dass das Speicheldrüsenextract dieser Thiere Stärke saccharificire und Fibrin in saurer Lösung verdaue. Der Befund eines diastatischen Fermentes in diesen Drüsen hat im Laufe der Zeit keinen Widerspruch erfahren; wohl aber hat *Jousset*[3]) die peptische Wirkung des Speichelextracts von Blatta bestritten, und auch ich war, wenn das Verdauungsrohr bei der Drüsenpräparation unverletzt erhalten wurde, ausser Stande, Pepsin in diesem Organe aufzufinden. Wie Herr Geh. Rath *Kühne* mir gütigst mittheilt, so ist er ebenfalls bei seinen frühern Untersuchungen zu demselben negativen Resultate gelangt. *Jousset* verlegte vielmehr die Pepsinbildung bei diesem Insect in die Blinddärme, deren Secret sich hinter dem Kaumagen in das Verdauungsrohr ergiesst. Ausserdem sollen diese Organe nach *Jousset* ein das Fett emulgirendes Ferment secerniren. Die Function der Blinddärme ist durch diese Angaben nicht erschöpfend ausgedrückt. Das Ferment, welches ich aus diesen Organen erhielt, verdaute rohes wie gekochtes Fibrin sowohl in saurer wie alkalischer Lösung. In letzterer Lösung bildete sich als Verdauungsproduct auch jener Körper, welcher die Bromwasserreaction[4]) veranlasst.

---

[1]) Ueber ältere Arbeiten ohne durchschlagenden Erfolg, vergl. *F. Plateau*, Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgique. Bruxelles 1875. T. XLI.

[2]) *S. Basch*, Unters. über das chylopoetische und uropoetische System der Blatta orientalis. Sitzungsb. der Wiener Acad. d. Wiss. Bd. XXIII. No. 25. S. 234—260.

[3]) *Jousset*, Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des Insectes. Comptes rendus 1876, T. 82, pag. 97.

[4]) *Tiedemann u. Gmelin*, Die Verdauung etc. 1831. S. 31 u. 32. *Kühne*, (Anwendung von Brom- statt Chlorwasser), Ueber Indol aus Eiweiss. Berichte d. chem. Ges. Jahrg. VIII. S. 207.

Dieses Ferment vereinigt also in sich die Eigenschaften des Pepsins und Trypsins, von welchen es vielleicht nur ein Gemisch darstellt. Der Magen hat bei Blatta nach *Jousset*'s Meinung nur die Aufgabe der Zuckerabsorption zu erfüllen. Alle Autoren sind in dem Punkte einig, dass die Malpighischen Gefässe Harnorgane sind, und ohne verdauende Kraft auf Stärke, Fett und Eiweisssubstanzen. Schon vor *Jousset* hatte *Felix Plateau* Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge bei den verschiedensten Insecten angestellt und seine Resultate mitgetheilt[1]). *Jousset*[2]) hatte jedoch gegen ihn[3]) beansprucht zuerst die Reaction des Secretes der Blinddärme exact nachgewiesen zu haben. So wichtig nun aber die Reaction (ob sauer oder alkalisch) für die Secrete bei höheren Thieren ist, ebenso irrelevant ist sie für das Secret der Insectenblinddärme (speciell der Blatta), da, wie ich bereits berichtete, deren Ferment sowohl in saurer als in alkalischer Lösung die Eiweissstoffe peptonisirt. Auch scheint es, dass innerhalb anderer Arthropodengruppen, nämlich bei den Krustaceen, die Reaction des sogenannten Lebersecretes sich nicht gleichartig verhält. So ist das Secret der Leber von Eriphia spinifrons Savigny im Leben stark alkalisch, während ich, in Bestätigung der Angabe von *Hoppe-Seyler*[4]), das der Astacusleber stark sauer finde.

*Hoppe-Seyler*[4]) hat weiter bei Astacus fluviatilis gefunden, dass das saure sich in den Magen ergiessende Lebersecret Ei-

---

[1]) *F. Plateau*, l. c.
— Archives des sciences physiques et naturelles. Tome LIII 1875, Juni. S. 155.

[2]) *Jousset*, Comptes rendus, t. 82 S. 461.

[3]) *F. Plateau*, Comptes rendus, t. 82 S. 340.

[4]) *Hoppe-Seyler*, Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer und niederer Thiere. Pflüger's Archiv, Bd. XIV, 1876 S. 395—400.

weissstoffe in alkalischer wie saurer Lösung verdaut, die Stärke in Zucker umwandelt und Olivenöl zersetzt. Es enthält somit das Astacuslebersecret dasselbe Ferment, welches ich bei Blatta nachwies. Beide verhalten sich den Eiweisssubstanzen gegenüber nicht wie Trypsin, sondern wie Trypsin + Pepsin. Nach meinen Versuchen wenigstens ist die Wirkung des Astacusleberextractes in saurer Lösung (selbst in 0,2⁰/₀iger ClH wurde rohes wie gekochtes Fibrin im Laufe von 1—2 Stunden verdaut) ziemlich energisch und nicht so unsicher, wie *Hoppe-Seyler* anzunehmen scheint.

Für die Fische geben *Fick* und *Murisier*[1]) an, dass der Magenauszug von Hecht und Forelle noch bei 0° regelmässig lösend auf geronnenes Eiweiss einwirkt, und dass die verdauende Kraft bei 40° nicht hinter dem künstlichen Magensaft des Hundes und Schweines zurücksteht. Es ist von anderer Seite aus dieser Angabe geschlossen, dass die Wirkungsintensität des Magenextractes von Hecht und Forelle bei einer Temperatursteigerung von 10 bis 40° C. gleich bleibe, während bekanntlich das Pepsin der Warmblüter bei 40° C. das Fibrin rascher verdaut als bei 20 oder gar bei 10° C. Dieses Resultat konnte ich jedoch annähernd nur an in 0,1% ClH stark gequollenem Fibrin erzielen und mich niemals von der Richtigkeit der Angabe *Hoppe-Seyler's*[2]) überzeugen, dass „Extracte der Schleimhaut vom Hechtmagen Fibrinflocken bei 15° schneller als bei 40° verdauen."

In jüngster Zeit hat Herr *Luchau*[3]) mitgetheilt, dass bei Cyprinus tinca und Cyprinus carpio die sogenannte Magen-

---

[1]) *Fick* und *Murisier*, Verhandl. der Würzburger phys.-med. Ges. N. F. IV. S. 120.

[2]) *Hoppe-Seyler*, l. c.

[3]) *Luchau*, Vorläufige Mittheilung über die Magenverdauung einiger Fische. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1877. No. 28. S. 497.

schleimhaut ein Extract liefert, welches nur bei neutraler Reaction Fibrin verdaut und Stärke saccharificirt. Herr *Homburger*[1]) hatte schon früher ähnliche Versuche an Cyprinus tinca, Chondrostoma nasus, Scardmius erythrophthalmus und an Abramis brama angestellt mit dem Resultate, dass das Extract der Darmmuscosa wie das der sogenannten Leber und selbst die Galle, Fibrin verdaut, Stärkekleister in Zucker verwandelt und Olivenöl zersetzt. In solcher Weise wirkte nach diesem Autor das Wasserextract, nicht aber die mit Salzsäure versetzte Verdauungsflüssigkeit. Mir scheint es nach ausgedehnten Untersuchungen an Cyprinus carpio, als ob Leber[2]) wie Darm ein die Eiweisskörper bei alkalischer wie neutraler Reaction verdauendes Enzym absondern. Dieses Enzym ist nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens richtiges Trypsin; denn schon *Luchau* wies als ein Product dieser Verdauung das Tyrosin nach, und ich erhielt mit der verdauten Flüssigkeit in ausgezeichneter Weise die Bromwasserreaction. Die Galle von Cyprinus carpio erwies sich bei meinen Versuchen jedoch dem Fibrin gegenüber bei 40° C. als vollständig unwirksam.

Ueber diese theilweise das Aeltere bestätigenden, theilweise es reformirenden Ergebnisse hinauszukommen hat mir ein Aufenthalt in Triest Gelegenheit gegeben. Die Bearbeitung des dort im August und September d. J. gesammelten Materials habe ich vermittelst der Glycerinextracte und Alkoholpräparate im Heidelberger physiologischen Institute unter der Leitung meines werthgeschätzten Lehrers, Herrn Geh. Rath *Kühne*, vollendet.

---

[1]) *L. Homburger*, Zur Verdauung der Fische. ibid. 1877. No. 31. S. 561.

[2]) Beiläufig sei bemerkt, dass schon 1827 *E. H. Weber* (Ueber die Leber von Cyprinus carpio, die zugleich die Stelle des Pankreas zu vertreten scheint; *J. F. Meckel*'s Archiv f. Anat. u. Physiologie. Jahrg. 1827, S. 294—299) die Karpfenleber als einen Complex von Pankreas und Leber ansah. Cf. auch *Claude Bernard*, Mémoire sur le pancréas etc. Supplément aux Comptes rendus. 1856. T. I. p. 543.

Ich bitte diese Arbeiten nur als Sondirungen auf dem Gebiete der vergleichenden Physiologie der Verdauungsvorgänge zu betrachten und erlaube mir selbst keine theoretische Verallgemeinerungen über ganze Thierclassen. Ich bin der Ansicht, dass die Untersuchungen über ein viel grösseres Material ausgedehnt werden müssen, bevor man generalisiren darf. Auch sei kurz der Schwierigkeiten Erwähnung gethan, mit welchen experimentelle Untersuchungen zu kämpfen haben. Fehler entspringen einerseits aus der anatomischen Präparation. Es kann z. B. ein kleines Drüschen mit Pancreasfunction sich so dicht den Pylorialanfängen anschmiegen, dass es unbeachtet bleibt. Eine zweite Reihe von Fehlerquellen entsteht aus dem Gelangen der Fermente eines Darmabschnittes in andere Bezirke; solches zwar nicht mit der zuweilen angenommenen Tragweite. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Natur der secernirten Enzyme mit den Lebensverhältnissen, dem Alter, der Ernährung des Thieres, dem Wechsel der Jahreszeiten (letzteres besonders bei Süsswasserfischen) sich verändert. Die beigegebenen schematischen Bilder wolle man ferner nur als einfachsten Ausdruck der von mir gefundenen Thatsachen ansehen; sie sind ohne jede hypothetische Zuthat.

Das Verständniss der mannigfachen Complicationen, auf welche wir bei den Verdauungsvorgängen der Fische stossen, wird, wie ich glaube, sehr erleichtert, wenn die Betrachtung von dem Verhalten ausgeht, welches uns jetzt von Articulaten und Mollusken bekannt ist. Nicht nur bei Astacus fluviatilis und Periplaneta orientalis kennen wir ein Organ, welches ein sowohl in saurer wie alkalischer Lösung Eiweissstoffe verdauendes, Stärke saccharificirendes und vielleicht auch Fette zersetzendes Secret liefert. Zu ganz ähnlichen Befunden führten meine Untersuchungen bei Cephalopoden (Sepiola Rondeletii, Sepia officinalis und elegans, Eledone moschata) und Lima-

ciden (Arion rufus und ater, Limax agrestis und cinereo-ater). Die sogenannte Leber[1]) dieser Thiere, welche einerseits mehr, andererseits (Gallenstoffe fehlen) weniger als die Leber der höhern Wirbelthiere ist und eher der Astacus- und Blattaleber analogisirt werden muss, liefert ein Secret, welches Stärke in Zucker verwandelt und Fibrin (aber, soweit zur Zeit meine Untersuchungen reichen, nur rohes) unter Bildung von Peptonen sowohl in saurer wie alkalischer und neutraler Lösung verdaut, während, wie *Kühne* fand, das sogenannte Cephalopodenpancreas kein Trypsin enthält. Die Speicheldrüsen der Cephalopoden sind so gut wie rein muciparer Natur; ihr Secret hat die Passage der Speise durch den meist engen Oesophagus zu ermöglichen: eine Anschauung, welche auch durch vergleichend anatomische Befunde gestützt wird.

Indem wir wegen der Unsicherheit unserer Versuchsmethoden von dem Vorkommen eines die Fette verseifenden Fermentes absehen, und die Angaben über das Auftreten des diastatischen Fermentes uns für eine spätere Mittheilung vorbehalten, sei hier besonders den eiweisszersetzenden Enzymen unsere Aufmerksamkeit zugewandt. In den Schematen der zugehörigen Tafel ist das Vorkommen des Pepsins (so sei hier ganz allgemein das Eiweisssubstanzen in einer sauren Lösung verdauende Enzym genannt) durch eine blaue Umrandung der versinnlichten Organe[2]) zur

---

[1]) Ein eigenthümlicher Mechanismus, bei den Cephalopoden in dem Spiralmagen, bei den Pulmonaten in schlingenförmig verlaufenden Falten der Darmmucosa (cf. *Gartenauer*, Ueber den Darmcanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena 1875. S. 11—15 u. Fig. III) gegeben, besorgt den Abfluss des Lebersecrets in den vordern wie hintern Abschnitt des Verdauungsrohres.

[2]) Der an zwei Polen unterbrochene Kreis stellt den als Vorderdarm bezeichneten Abschnitt vor, an welchen sich in Form zweier Parallelen der Darm reiht. Die Aussackungen am Darme bedeuten die Appendices pyloricae und die durch einen engern Canal mit ihm verbundenen kleinen Kreise ein Ferment secernirendes Organ, welches vergleichend anatomisch bald als Leber, bald als Pankreas gedeutet wurde. Die einzeln so bezeichneten Organe

Anschauung gebracht, während das Eiweissstoffe in alkalischer und neutraler Lösung verdauende Enzym (hier kurz pancreatisches Ferment genannt) in einer rothen Contourirung seinen Ausdruck findet. Sind beide Fermente in ihrem Vorkommen vergesellschaftet, oder werden sie durch ein einziges Ferment repräsentirt, so ist der Contour purpurfarbig.

Hiernach würden die Verhältnisse, welche sich bei Astacus und Blatta finden, in Fig. 1 ihren Ausdruck finden; denn die Astacusleber lässt sich auch als ein Schlauchaggregat auffassen ähnlich der Pylorialdrüse von Sturio. Die Verdauungseinrichtungen bei Cephalopoden und Limaciden versinnlicht Fig. 2: denn bei diesen Mollusken sondert eine einheitliche Drüsenmasse das so eigenthümliche Secret ab.

Die Verdauungsversuche bei Fischen liefern nun die so interessanten Bilder, welche vielleicht zu dem Schlusse berechtigen, dass aus einer so einheitlichen Anlage der fermentbildenden Zone, wie wir sie in Fig. 1 und 2 repräsentirt sehen, sich die andern Verhältnisse in der Weise herausbildeten, dass die peptische Zone nach vorn hin sich ausdehnte oder verschob, die pancreatische hingegen den ursprünglichen Platz behauptete oder sich umgekehrt über den nach hinten zu gerichteten Abschnitt des Verdauungsrohres ausbreitete (cf. Fig. 3 und 10). Wenn man von dieser Anschauung aus die Sachlage beurtheilt, so zeigt sich die Differenzirung in der Classe der Fische am vollkommensten ausgeführt einerseits bei Thynnus vulgaris, Clupea sardina, Cepola rubescens und andererseits bei Leuciscus und einigen Gobiiden (Fig. 6 und 8). Bei Accipenser Sturio und bei den Haien (Scyllium canicula und ganz besonders bei Mustelus

---

müssen in dieser Beziehung als ein einheitliches Ganzes aufgefasst werden, weil speciellere Untersuchungen über Zahl und Lage der secernirenden Elemente in denselben zur Zeit noch keinen Aufschluss ergaben. Deshalb wurde auch eine vielleicht naturgetreuere Form der Darstellung von mir hier nicht angewandt.

vulgaris), vielleicht auch bei Rochen, von denen in dieser Beziehung Trygon pastinaca, Torpedo marmorata und mehrere Rajiden untersucht wurden, beschränkt sich der pepsinbildende Bezirk nicht auf den sogenannten Magen, sondern erstreckt sich oft noch weit auf den Darm entlang (cf. Schema 3 und 4). Bei Mustelus vulgaris ist die Leber, von welcher fast 3 Kilo nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode behandelt wurden, frei von Trypsin und vielleicht entbehrt sie auch des diastatischen Fermentes, von welchem sie höchstens Spuren enthalten kann. Ebenfalls enthält die Chymusdrüse und die Milz bei allen oben aufgeführten Selachiern weder Trypsin noch Pepsin. Schon *Claude Bernard* fand (Mémoire sur le pancréas etc. Supplément aux Comptes rendus. T. I. 1856. p. 542), dass das Rochenpancreas ein fettzersetzendes sowie ein diastatisches Ferment enthält; während ersteres Ferment in der Leber und Milz desselben Thieres von diesem Forscher nicht nachgewiesen werden konnte. Die Pylorialdrüse (aber nicht das Pancreas *Alessandrini's*) vom Stör hat, wie einige ältere Autoren richtig ahnten, Pancreasfunction; doch sind auch pepsinbildende Elemente in derselben vertreten. Bei einigen Teleostiern (z. B. bei Zeus faber und Scomber scomber) setzt sich, im Gegensatz zu der bei Haien und beim Stör angetroffenen Vertheilung der Drüsen, die pancreatische Zone auch auf die Magenschleimhaut hin fort (s. Fig. 5). Diese Befunde werden später vielleicht ihre Aufklärung finden, wenn der Nachweis gelingt, dass die Pylorialdrüsen der höhern Vertebraten den Appendices pyloricae der Teleostier homolog sind. Auch treffen wir bei den Knochenfischen auf Verhältnisse, welche in einer Beziehung eine gewisse Unvollkommenheit, in anderer hingegen den höchsten Grad der Differenzirung darbieten. So liefern die bei einzelnen Scorpaenen gewonnenen experimentellen Befunde ein Schema (Fig. 7), welches eine Combination von Nr. 1 (Astacus, Blatta) und von Nr. 8 (Gobius, Leuciscus) darstellt.

Bei einzelnen Fischen kommen die ein pancreatisches Enzym secernirenden Drüsen ganz zum Ausfall, so z. B. bei Conger vulgaris, Anguilla vulgaris[1]) und bei Esox lucius[2]), während umgekehrt pepsinbildende Zellen vielen Cyprinoiden und einigen Gobiiden fehlen (cf. Fig. 9, 10 u. 11).

Bei Cyprinus carpio, Rhombus maximus und Solea vulgaris, ferner bei Scorpaena porcus ist die Bildung dieses Fermentes aber nicht nur auf die dem Darme anliegende Drüsenmasse beschränkt, sondern erstreckt sich, wie es nach allen vorliegenden Untersuchungen den Anschein hat, noch ausserdem auf die Zellen der Darmmucosa (Fig. 10).

Mit Hülfe einer einfachen pankreatischen Verdauung, welches Ferment lediglich in einer oder mehreren (Squilla mantis) Lebern producirt wird, bewältigen auch viele niedere Thiere (Hydrophilus piceus, Squilla mantis, Eriphia spinifrons, Lumbricus complanatus) ausschliesslich ihre eiweisshaltige Kost. Die Ascidien (Ascidia canina, Cynthia microcosmus), welche in ihrer Darmmucosa ein diastatisches Ferment von energischer Wirksamkeit besitzen, entbehren jedes eiweissverdauenden Enzymes; wenigstens lieferten mir Extracte aus je 50—80 Ascidiendärmen ein vollkommen negatives Resultat. Ebenso wenig gelang es mir, aus dem Darmtractus von Hirudo officinalis und aus Actinien (Actinia mesembryanthemum wurde in grosser Menge zu diesen Versuchen verwendet) ein Eiweiss verdauendes Enzym zu gewinnen, während in dem Extracte der Aphrodite-(hystrix)lebern sich leicht die Gegenwart eines pankreatischen Enzymes nachweisen liess.

Die Leber, deren Function in der Bildung eines Reserve-

---

[1]) Das Pankreas, dessen *J. Müller* (Ueber Nebenkiemen und Wundernetze. *Müller's* Archiv 1840. S. 132) beim Aal Erwähnung thut, wird ein rudimentäres Gebilde ohne secretorische Bedeutung sein.

[2]) Bei Esox lucius wurden von *Alessandrini* (Novi Comment. Acad. scient. Instit. Bononiensis, t. II, Tafel XVI) Fettanhänge für Pankreas gehalten.

stoffbehälters (wegen ihres Glycogen- resp. Fettreichthums), in einem die Zusammensetzung des Blutes beeinflussenden Organe (Gallenfarbstoffe) oder in einer Drüse, deren Secret bei der Resorption der Fette von Nutzen ist, gesucht wird, kann, wie wir gesehen haben, bei Fischen (z. B. bei Perca) auch ein wohl entwickeltes Pankreas ersetzen helfen und bei Mollusken und Krebsen, indem sie die Fähigkeit, Gallenfarbstoffe zu bilden verliert, ausser der Pankreasfunction selbst noch die Function der Labdrüsen übernehmen. Mir scheint es für die Klarlegung der Verhältnisse von grossem Werthe zu sein, dass ein Organ, welches in der Thierreihe nach und nach immer mehr von seinen ursprünglichen Eigenschaften einbüsst und dafür mit neuen Functionen betraut wird, ein Organ, dessen anfangs so zahlreiche Functionen nach und nach sich auf viele Organe vertheilen, eine Bezeichnung führt, welche in ihrer Bedeutung nicht zu eng ist. Dieser Forderung wird hier allein der Namen „Leber" genügen, und höchst unvortheilhaft würde es meiner Ansicht nach für die Wissenschaft sein, z. B. für die Astacusleber den Namen „Pankreas" in Vorschlag zu bringen, zumal die Krebsleber viel mehr als das Pankreas der höhern Vertebraten ist.[1])

Schliesslich mögen einige Bemerkungen über das Vorkommen des Pankreas bei den Fischen hier ihren Platz finden. Das sogenannte Pankreas des Störs[2]), des Hechtes[3]) und vielleicht noch anderer Fische verdient diesen Namen nicht; denn theils ist das, was hier als Pankreas bezeichnet wurde, nur eine aus-

[1]) Die Krebsleber wird ihres grossen Fettreichthums wegen auch als Reservestoffbehälter aufgefasst werden müssen.

[2]) *Alessandrini*, l. c. Tafel XIV und XV. Diese Drüse ist vielleicht der sog. Chymusdrüse der Selachier analog. *Brandt* und *Ratzeburg* (Med. Zoologie etc. Bd. II. 1839 S. 55) nannten das als Pylorialdrüse bezeichnete Organ „Pankreas", während *Rathke*, *Carus* und *J. Müller* darin eine zwischen Appendices pyloricae und Pankreas vermittelnde Form sahen.

[3]) *Alessandrini*, l. c. Tafel XVI.

gezeichnete Stelle des Fettkörpers (Esox) oder es sind Drüsen von unbekannter aber anderer Function als sie ein Pankreas versieht (Sturio). Weder das Glycerinextrakt noch die Lösung, welche durch Selbstverdauung aus mehreren Störpankreas erhalten wurde, liess irgend eine Spur von peptischer oder tryptischer Wirkung auf rohes Fibrin erkennen. Ein physiologisch wie morphologisch zu constatirendes Pankreas findet sich bei folgenden Fischen: Belone rostrata[1]), Rhombus maximus[1]), Mugil cephalus und vielleicht auch bei Perca fluviatilis[1]). Ausserdem ist hier die sog. Gekrösedrüse[2]) der Selachier zu erwähnen. Der so oft wiederholte Ausspruch: „Die Appendices pyloricae können kein Ersatz für das fehlende Pankreas sein, weil bei einigen Fischen sich beides findet“ ist nicht nur logisch, sondern auch factisch unrichtig, weil nicht nur an eine Functionsverstärkung, sondern auch an eine Funktionstheilung gedacht werden kann. Meine Versuche zeigen, dass bei Fischen sehr verschiedene Organe (Darmmucosa, Appendices pyloricae, Pankreas im engern Sinne, Leber) ein pankreatisches Secret für die Verdauung liefern können, ohne dass das eine das andere in seinem Vorkommen ausschliesst. So functionirt z. B. bei Carpio Leber und Darmwand, bei Perca Leber und ausserdem noch ein anderes Organ, vielleicht jener als Pankreas bezeichnete (*A. Brockmann*, l. c. p. 19) Drüsenkörper. Bei Scorpaena Darm, Appendices pyloricae und Leber, — und nur sehr selten findet man die Verhältnisse so rein, wie man sie sich a priori wünschte.

Einen genügenden Aufschluss über die Bedeutung der Appendices pyloricae bei den Teleostiern geben meine Untersuchungen zur Zeit noch nicht. Bei einigen Fischen scheinen sie in der That das Pankreas zu vertreten (Sturio, Thynnus,

---

[1]) *Brockmann*, de pancreate piscium, Rostock 1846.

[2]) Dieselbe wurde schon von *Nicolaus Stenon* (De musculis et glandulis observationum specimen. Amstelodami 1664. S. 57) als Pankreas beschrieben.

Cepola rubescens, Clupea sardina), bei andern haben sie vielleicht nur eine Schleimabsonderung zu besorgen (Perca fluviatilis). Fütterungsversuche mit durch Zinnober oder Ultramarin gefärbter Kost haben mir bei Perca bewiesen, dass in diese merkwürdigen Ausstülpungen kein so beträchtlicher Abfluss des Chymus stattfindet, wie man es von Resorptionsorganen erwarten dürfte. Schon *Schellhammer* (Anat. Xiphiae etc. Hamb. 1707. p. 22) sah in den Appendices pyloricae ausschliesslich resorbirende Organe, eine Auffassung, welche theilweise von *Rathke* (Müller's Archiv, 1837, Seite 354), *Meckel* (System der vergl. Anatomie, Bd. IV. S. 228) u. A. adoptirt wurde und in Herrn *L. Edinger* (Ueber die Schleimhaut des Fischdarms etc. Inaugural-Dissertation. Bonn 1876, S. 26), welcher seine Ansicht auf neue interessante Befunde histologischer Art stützt, jüngst wieder einen Vertreter fand. Bei vielen Fischen (besonders bei Thynnus vulgaris) ist jedoch die secretorische Function dieser Anhänge so evident, dass an einer Secretbildung in denselben kaum gezweifelt werden kann. Es muss zwar zugestanden werden, dass besonders da, wo die Ausgangsöffnung der Appendices pyloricae in den Darm weit ist, wie z. B. bei Sturio, auch chymöse Flüssigkeit in dieselben einsickert, welche der Resorption unterliegt, da eine secretorische und resorbirende Function keineswegs einander ausschliessen. Auch das Magenferment gelangt, wie Versuche an Cepola und Clupea sardina lehren, bei einigen Fischen nie in diese Anhänge hinein, deren Extract lediglich eine rein pankreatische Wirkung auf Eiweisssubstanzen entfaltet.

## Tafel II.

Die Erklärung der Abbildungen ist durch die Bezeichnungen auf der Tafel gegeben.

# Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut.

Von **W. Kühne.**

(Unter Mitwirkung von Dr. **W. C. Ayres** aus New-Orleans.)

(Hierzu Taf. III, IV, V.)

---

Für einige hier zu beschreibende Farben der Netzhaut wählen wir die Bezeichnung „lichtbeständig“ nicht um damit zu sagen, dass sie am Lichte vollkommen echt seien, sondern um sie dem bis jetzt einzig bekannten, im höchsten Grade lichtveränderlichen Pigmente des Auges, dem Sehpurpur gegenüberzustellen. Dass Pigmente, welche Absorptionsfarben darstellen und denen das Zurückhalten bestimmter Lichtwellen eigenthümlich ist, durch Licht auch merklich verändert oder zersetzt werden, ist etwas so Allgemeines, dass man in der Natur, wie in der Technik Mühe hat, wirklich echte Farben zu finden. Es muss ein tiefer, wissenschaftlicher Beachtung würdiger Grund sein, der Kunst und Gewerbe drängt, dauerhafte, dem Lichte widerstehende Farben immer wieder unter den Verbindungen zu suchen, welche auch gegen hohe Temperaturen beständig sind, und da, wo von Mineralfarben abzusehen ist, unter den in so grosser Zahl vorhandenen gefärbten Kohlenstoffverbindungen, vor den prächtigeren diejenigen zu bevorzugen, welche relativ bedeutende Erhitzung vertragen, ohne zersetzt zu werden. Als Muster der letzteren Gattung können die Indig- und Krappfarbstoffe gelten, die zum Theil sogar bei hoher Temperatur unverändert sublimiren, aber auch

von diesen ist es wahrscheinlich, von manchen gewiss, dass sie unter an sich unschädlichen Behandlungen vergehen, wenn sich die Wirkung des Lichtes dazu gesellt; Herrn *Vogel's* Angabe (Ber. d. D. Chem. Gesellschaft X. Jahrg. S. 692), dass das Purpurin durch überschüssiges Alkali im Dunkeln nicht, am Lichte sicher entfärbt wird, haben wir vollkommen richtig gefunden. Im Allgemeinen ist daher gegen den Satz, nur Mineralfarben seien echt, sog. organische Farbstoffe unecht, wenig einzuwenden, doch verdient bemerkt zu werden, dass es unter den letzteren einige grade dem Thierleibe ausschliesslich angehörige giebt, welche die in der Färberei benutzten an Echtheit weit übertreffen. Es sind dies die Farbstoffe des Blutes, vor Allem das reducirte Hämoglobin, an welchem wir Veränderlichkeit durch Licht überhaupt nicht nachzuweisen vermochten [1]) und das schwarze oder

---

[1]) Mit Recht machte vor kurzem *Hoppe-Seyler* (Zeitschrift f. physiol. Chem. Bd. 1, S. 121.) auf die ausserordentliche Haltbarkeit des reducirten Hämoglobins aufmerksam, den ich bestätigen und mit Rücksicht auf die Lichtwirkung erweitern kann. Ich habe möglichst reine wässrige Hämoglobinlösungen mit durch Wasserstoff reducirtem Eisenpulver und einer äusserst kleinen Luftblase in Glasröhren eingeschmolzen, 9 Jahre conservirt und im Laufe des letzten Jahres im Lichte und in der Sonne liegen lassen, ohne daran spectroskopisch oder durch andere Mittel erkennbare Veränderungen eintreten zu sehen. In einigen dieser Röhren, welche ich seit Jahren in meinen Vorlesungen zu zeigen und vor den Spectralapparat zu setzen pflege, befanden sich von Anfang an so verdünnte Lösungen, dass der einzige Streifen des reducirten Hämoglobins grade gut kenntlich war; derselbe ist heute noch mit derselben Deutlichkeit zu sehen. Wie sich das O-haltige Hämoglobin während längerer Zeit gegen das Licht verhalte, liess sich deshalb nicht feststellen, weil die Lösung überhaupt nicht conservirbar ist, ohne die Beschaffenheit des sog. Methämoglobins oder des in neuerer Zeit als Peroxyhämoglobin bezeichneten Körpers anzunehmen und schliesslich eingreifender, auch ohne Betheiligung des Lichtes, wie es scheint, zersetzt zu werden.

Hinsichtlich des sog. Peroxyhämoglobins bin ich zwar in der Lage, die mannigfachen zuerst von *Gamgee*, kürzlich besonders von *Jäderholm* gefundenen Entstehungsweisen desselben zu bestätigen, aber mit *Hoppe-Seyler* der Ansicht, dass es sich dabei durchaus um keine Entstehung höherer Oxydationsstufen des Hämoglobins mit grösserem Sauerstoffgehalte handelt.

braune Pigment zahlreicher Standorte. Andere Farbstoffe, die der Galle, des Fettes u. s. w. sind wie die meisten Pflanzenfarben

---

Der Körper von dem spectroskopischen Verhalten des sog. Methämoglobins entsteht bekanntlich auch ohne O-Zutritt unter Einwirkung sehr geringer Mengen von Säure auf das Hämoglobin arteriellen Blutes und ist gerade dann gebildet, wenn an das Vacuum kein O mehr abgegeben wird. Da jeder Zusatz, der die fragliche Substanz erzeugt, das Hämoglobin zugleich dahin verwandelt, dass ihm durch Druckverminderung kein O mehr zu entziehen ist, andrerseits aber alle chemischen Reductionsmittel daraus gewöhnliches reducirtes Hämoglobin erzeugen, das dann mit neuem O wieder in gewöhnliches Hämoglobin übergeht, so wird es ganz erklärlich, wie es auch von anderer Seite schon angegeben wurde und von mir seit vielen Jahren in meinen Vorlesungen erläutert zu werden pflegt, dass die angebliche Synthese oder Reconstruction des Hämoglobins aus Hämatin und Globin keine andere thatsächliche Grundlage besitzt, als die in dem Verhalten des sog. Methämoglobins gelegene. Daraus erhellt weiter, dass der Körper nichts anderes sein kann als die festere, durch Druckverminderung nicht mehr zu lockernde oder nicht mehr dissociirbare chemische Verbindung des O mit dem Hämoglobin, welche eben nur durch chemische Affinitäten zerlegt oder reducirt werden kann. Unter den Mitteln, welche Hämoglobin (natürlich beim Arbeiten an der Atmosphäre) in den fraglichen Körper überführen, d. h. in die Substanz, die man allein treffend, als Oxyhämoglobin bezeichnen würde, fand ich das Trypsin besonders wirksam, und da die weitere tryptische Wirkung, welche zur Bildung von Pepton und Hämatin führt, erst von dem neuen Körper anhebt, hatte ich besondere Gründe in meiner kurzen Mittheilung über Trypsinwirkungen, wo ich auch der auf das Hämoglobin gedachte, keine eingehenderen Angaben darüber zu machen, ob ich in Gegenwart der Atmosphäre arbeitete, was *Hoppe-Seyler* immer ausdrücklich zu beanspruchen scheint. Dass *Hoppe-Seyler* von Andern verlangt, nur reducirtes Hämoglobin Hämoglobin zu nennen, wie er es thut, ist ganz unberechtigt und führt bei ihm selbst zu zahlreichen Inconsequenzen und Unklarheiten der Darstellung, aus denen ihm am wenigsten Anrecht auf so entbehrliche Bemerkungen erwächst, wie die, dass meine Angabe unrichtig sei, womit er sich erlaubt, meine Beobachtung von der Verdauung des Hämoglobins, welche die Basis seiner weiteren Untersuchung bildete, zu begleiten (vergl. l. c.). — Es mag an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass die Bildung des echten Oxyhämoglobins zugleich Licht wirft auf die viel erörterte Frage von der Ozonisirung des Blutsauerstoffes, denn das Ozon ist es, das diesen Körper erzeugt. Im Ozonstrome entsteht er so gut, wie durch ozonisirten Aether in Gestalt jener in schönen, glänzenden, braunen, sehr haltbaren Krystallen zu gewinnenden Substanz, und was vom Blutsauerstoffe ozonisirt wird, erzeugt eben an dem ersten Träger des Sauerstoffs, am Hämoglobin selbst das Oxydationsprodukt. Das Hämoglobin zersetzt sich anscheinend von selbst,

am Lichte langsam vergänglich, ob mit oder ohne Betheiligung accessorischer Processe, von Oxydationen z. B. kann zunächst unerörtert bleiben.

Das Auge und die Retina sind, abgesehen von dem schwarzen, auch durch höchst energische chemische Mittel kaum zerstörbaren Pigmente, entweder durch den Besitz des erstaunlich lichtempfindlichen Sehpurpurs, oder durch andere Farbstoffe ausgezeichnet, welche bis heute keine auffälligere Beziehung zum Lichte erkennen liessen, und es wurde darüber bereits die Bemerkung (Heft 1, Seite 28) gemacht, dass das Vorkommen dieser in farbigen Fettkugeln auftretenden Stoffe in ersichtlicher Beziehung zu dem Fehlen oder der Armuth an Sehpurpur stehe. Die Vogelretina ist um so reicher an Sehpurpur, je geringer die Zahl und Farbensättigung der Fettkugeln in den Zapfen ist, vollkommen purpurfrei bei manchen Vögeln, wo die farbigen Fettkugeln besonders entwickelt sind, wie bei der Taube und dem Huhne. Für die Reptilien gilt anscheinend Aehnliches, insofern bei Lacerta z. B. kein Sehpurpur, aber reichlich gelbes Pigment in den Zapfen vorkommt; bei den Schlangen findet sich weder das Eine noch der Andere.

Aus allen Angaben, seit der Entdeckung der retinalen Fettkugeln durch *Hannover*, geht hervor, dass deren Farben in nicht auffälliger Weise vergänglich sind. Alkohol, Aether u. s. w. lösen das Fett sammt der Farbe auf, Siedehitze, Alkalien, mässig concentrirte Säuren verändern sie nicht, kurz es scheinen hier sehr stabile Stoffe vorzuliegen. Da die Farbstoffe ohne Ausnahme in Kugeln vom Verhalten des Fettes auftreten und das Fett als Lösungsmittel etwas wesentlich anderes sein konnte, als das noch unbekannte, vermuthlich aber wasserhaltige Medium, das den

---

weil es den locker gebundenen O nach und nach ozonisirt; man begreift also, wesshalb andere Ozonreactionen am Blute so schlecht glücken: das Hämoglobin macht den angewendeten Reagentien Concurrenz. *W. K.*

Sehpurpur in den Stäbchen einschliesst, stellten wir uns die Frage, ob nicht die drei schönen Farben der Vogelzapfen nach Befreiung vom Fette, in irgend welche wässrige Lösung übergeführt, denjenigen Grad von Lichtempfindlichkeit zeigen würden, welcher ihnen eine dem Sehpurpur ähnliche Bedeutung beilegen liesse. Vom Sehpurpur war es uns schon bekannt, dass er ohne Gegenwart von Wasser bedeutend langsamer bleicht und vollends war am Sehgelb ein hoher Grad von Indolenz sowohl durch Trockenhalten, wie durch Fixiren an sein Substrat oder an manche darauf zur Wirkung gebrachte chemische Verbindungen (Sublimat) beobachtet. In ähnlicher Lage konnten sich lichtempfindliche Pigmente in dem wasserfreien Fette der Zapfenkugeln auch befinden und wenn man sich dachte, dass das Fett auf irgend welche Art partiell zersetzt oder verseift werde, war den ohne Ausnahme purpurfreien Zapfen zu einer photochemisch wirksamen Substanz, von der es da noch gar keine Andeutungen gab, geholfen. Dies war der eine Grund, welcher uns bestimmte, die Farbstoffe der Vogelretina aus ihrer natürlichen Verbindung mit dem Fette zu lösen; ein zweiter lag in dem Wunsche, nach Entfernung des allen gemeinsamen Lösungsmittels einige neue versuchen zu können, um damit die verschiedenartigen Farben von einander zu scheiden. Weder das Eine noch das Andere war durch die wasserfreien Mittel, wie die Alkohole, Aether, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff u. s. w., welche bisher zur Lösung des Fettes verwendet worden, zu erreichen.

Unsere ersten Versuche farbige Extrakte aus der Vogelretina mit absolutem oder verdünntem Glycerin, mit Galle, Seife oder mit gallehaltigem Glycerin zu gewinnen, waren sämmtlich vergeblich; beim Glycerin hatte es zwar oft den Anschein, als ob die Färbung sich, wie in echter Lösung, gleichmässig vertheilte, aber durch das Filter gingen immer nur farblose Tropfen. Der Anschein von Lösung, dem die gute Erhaltung der nach

langer Einwirkung des Glycerins im Dunkeln mikroskopisch noch vortrefflich erkennbaren Farbkugeln auch widersprach, beruhte also auf der gleichmässigen Vertheilung und Lichtbrechung der Masse. Nach dem Ausfalle der Vorversuche blieb nichts übrig, als das anfänglich bedenklich scheinende Mittel der Verseifung, von dem sich jedoch zeigen wird, dass es vollkommen zum Ziele führte.

Wir haben aus örtlichen Gründen zu chemischen Versuchen nur die Retinae von Hühnern benutzt, welche uns in grosser Zahl aus den Gasthöfen Heidelbergs zur Verfügung standen. Taubenretinae, die reicher an rothen Zapfenkugeln sind und sich für unsere Zwecke mehr geeignet hätten, waren nicht in der nöthigen Menge zu beschaffen; wir verwendeten sie nur zu mikroskopischen Untersuchungen. Aus den frischen Hühnerköpfen wurden die Bulbi herausgenommen, aussen sauber abpräparirt, weit nach vorn geöffnet und der ganze Grund mit der Retina nach dem Ausstürzen des Glaskörpers sofort in absoluten Alkohol geworfen. Sobald 70—100 Augen in dieser Weise gesammelt waren, wurde der gelbliche Alkohol abgegossen, auf dem Wasserbade schnell verdampft, der Rückstand mit Aether extrahirt, der sich meist schwach orange färbte, und diese Lösung mit der Hauptlösung, die durch vollkommene Erschöpfung des alkoholfeuchten Präparates mittelst Aether erhalten war, vereinigt. Statt des Aethers ist jedes andere Extraktionsmittel für Fette, Benzol, Petroläther, Chloroform u. s. w. verwendbar, wir fanden aber keine Veranlassung von dem eingeschlagenen Verfahren abzugehen, nachdem wir uns überzeugt hatten, dass keine der genannten Flüssigkeiten aus dem mit Aether erschöpften Präparate noch etwas Farbiges aufnahm und als wir bemerkt hatten, dass jedes der Mittel sämmtliche Pigmente, und von diesen keines vorzugsweise aufnahm. Für kalten Alkohol scheint dasselbe zu gelten, obwohl die Farbe davon nur in geringer Menge aufgenommen wurde, wie es zu erwarten war, wenn die Extraktion

wesentlich von der Auflösung des Fettes abhing, das bekanntlich nur von heissem Alkohol reichlicher gelöst wird.

Die orangerothe Aetherlösung hinterliess beim Verdunsten ein intensiv feuerrothes Fett, das wir nach der Methode von *Heintz* durch Auflösen in der grade hinreichenden Menge kochenden Alkohols unter Zusatz einiger Tropfen sehr concentrirter Natronlauge verseiften. Dabei änderte sich die Farbe anfänglich kaum, sie wurde aber heller mennigroth in dem Grade, wie der Alkohol verdampfte und Seife sich auszuscheiden begann, was besonders nach dem Zusetzen von Wasser erfolgte. Um den Alkohol gut zu entfernen, wurde zu der bereits recht concentrirten alkoholischen Seifenlösung siedendes Wasser gegeben und mit diesem so lange weiter erhitzt, bis jeder Geruch nach Alkohol verschwunden war. Bei den ersten Versuchen verdünnten wir die Seifenlösung so bedeutend, dass sie nach dem Erkalten höchstens die Consistenz dünnen Seifenleims annahm, der dann durchsichtig und von feuerrother Farbe war. Wurde derselbe mit Aether ausgeschüttelt, so färbte sich dieser tief orangegelb, nicht röthlich, während die darunter stehende Seife reiner roth, zinnoberfarben, endlich rosenroth wurde, indem der Aether augenscheinlich vorwiegend gelbe Pigmente entzog und nur purpurne in der Seife gelöst oder suspendirt blieben. Durch Ausschütteln mit neuen Aethermengen brachten wir es soweit, die letzten Antheile farblos abheben zu können, während an der Grenze der Flüssigkeiten eine tief rosenrothe, pulvrige Ausscheidung schwamm und die Seifenlösung nur noch schwach rosa aussah. Den rosenfarbenen Körper zu isoliren gelang sehr schlecht, da das Aethermagma, das ihn einschloss, kaum filtrirte. Auf dem Papiere durch Verdunsten des Aethers und der noch eingeschlossenen Seifenlösung vertrocknet, gab es an Aether und Schwefelkohlenstoff nichts gefärbtes, an heissen Alkohol, an Benzol etwas rosenrothe, an Chloroform sehr schwache Rosafarbe ab. Das

Verfahren gestattete also wohl orange oder gelb gefärbte Pigmente aus der Seife mit Aether zu entziehen, erwies sich aber zur Darstellung der purpurfarbenen, die besonderes Interesse erregten, unzureichend und verfehlte ausserdem häufig darin das Ziel, dass der Aether sich von der Seifenlösung nicht trennte. Nachdem wir mit viel kostbarem Material zu unserem Schaden Lehrgeld gezahlt hatten, wurde der folgende richtige Griff gefunden. Die Seife wurde bereitet, wie schon beschrieben, aber mit einem mässigen Ueberschusse concentrirter Natronlauge, 24 Stunden ins Kalte gestellt, durch Abgiessen als fester Kuchen von der darunter befindlichen, vollkommen farblosen Mutterlauge getrennt, zerbröckelt und mit kaltem Wasser gewaschen, bis das überschüssige Alkali ziemlich entfernt war, d. h. bis das Waschwasser grade anfing etwas Seife in Lösung zu führen, was an dem Auftreten schwach gelblicher oder röthlicher Färbung im Filtrate gut zu erkennen war. So gereinigt konnte die Seife auf dem Wasserbade so weit getrocknet werden, dass sie sich nach dem Erkalten fein zerschaben liess.

Um aus diesem Präparate die Pigmente in Lösung zu bringen, können wir folgende Vorschrift geben, bei der wir nach vielen hier zu übergehenden Versuchen stehen blieben: das Pulver wird zuerst mit Petroleumäther geschüttelt, nach einigen Minuten abfiltrirt, vom Filter mit gewöhnlichem Aether abgespült und so lange damit ausgeschüttelt, als derselbe bei öfterem Erneuern noch Farbe annimmt. Die erste Lösung im Petroläther ist gelbgrün von einem Farbstoffe, den wir Chlorophan nennen, die zweite ätherische orangefarben, verdünnt mehr rein gelb; wir nennen ihren Farbstoff Xanthophan. Wenn die Seife den Aether nicht mehr färbt, ist sie schön rosenroth, also purpurn, ohne jede sichtbare Beimischung von Gelb oder Orange, weder mennig- noch zinnoberfarben. Hat sie die reine Purpurfarbe nicht, so kann man sicher sein, dass sie nach längerem Stehen unter Aether

noch etwas gelbes Pigment hergiebt. Für solche Fälle haben wir es zweckmässig gefunden, sie mit wenig kaltem Alkohol auszuwaschen, der zwar auch etwas Rhodophan, wie wir den dritten Farbstoff nennen, aufnimmt, den letzten Rest von Xanthophan aber sicher entfernt. Die purpurne Seife giebt nun an Terpenthinöl oder an Benzol einen Theil des Rhodophans ab, sodass man prachtvoll rosa gefärbte, klare Lösungen erhält; um jedoch allen Farbstoff in Lösung zu bringen, wissen wir kein anderes Mittel, als die Seife entweder zu zersetzen, oder sie selbst aufzulösen, entweder in heissem Wasser, besser in kochendem Alkohol, was tief purpurfarbene Flüssigkeiten liefert. Schwefelkohlenstoff nimmt von der purpurnen Seife keine Spur Färbung an.

Die Lösungen des Chlorophans und des Xanthophans bedürfen noch einer Reinigung, welche durch fractionirtes Auflösen unter Benutzung der verschiedenen Löslichkeit der einzelnen Pigmente in Petroläther, mit einigem Substanzverluste auszuführen ist. Man dampft die Chlorophanlösung ab und nimmt den Rückstand in einer ungenügenden Menge Petroläther wieder auf; die neue Lösung zeigt den Ausfall der Beimengung von Xanthophan, das mit orangegelber Farbe ungelöst bleibt, deutlich durch ihre jetzt viel mehr in's Grüne schlagende Färbung an. Zur Reinigung des Xanthophans wird dessen ätherische Lösung abgedampft und der Rückstand mit wenig Petroläther ausgewaschen, wobei wieder Chlorophan in Lösung geht und entfernt wird, natürlich nicht ohne Verlust an Xanthophan, der nur einigermaassen durch den Antheil ersetzt wird, welcher in dem ersten Chlorophan steckte. Das chlorophanfreie Xanthophan enthält jetzt noch etwas Rhodophan und um es auch von diesem zu trennen, wird die feste Masse mit Schwefelkohlenstoff behandelt, welcher das letztere, in gallertige Häute eingeschlossen, zurücklässt, während er das Xanthophan mit tief orangerother Farbe

auflöst. Diese Lösung, sogleich und schnell verdunstet, hinterlässt eine dunkelbräunliche Materie, welche sich oft mit Hinterlassung einiger missfarbener, Schwefel enthaltender Krümel, in Aether mit schön goldgelber Farbe löst. Bei dem letzten Theile der Operation sind besondere Vorsicht und sehr reiner Schwefelkohlenstoff erforderlich, da die Farbstoffe sich während des Abdunstens dieses Lösungsmittels leicht zersetzen, so dass der nachträglich benutzte Aether zuweilen trübe, kaum oder sehr zweifelhaft gefärbt abfiltrirt. Schnelles Operiren unter häufigem Schwenken der Schale und sehr mässiges Erwärmen scheinen den Erfolg am besten zu sichern. Da wir die Möglichkeit der Zersetzung des Xanthophans bei der Reinigung kannten, haben wir nicht versäumt, dessen unten zu berichtendes Verhalten mittelst desjenigen Antheiles zu controliren, welcher gleich von vornherein vom Petroläther aufgenommen worden und als frei von Rhodophan ohne Verwendung von Schwefelkohlenstoff ebenso rein erhalten war. Das vom Schwefelkohlenstoff zurückgelassene Rhodophan ist natürlich durch Trocknen und Auflösen in Terpenthin, Benzol oder heissem Alkohol noch in Verwendung zu bringen.

Da ein und derselbe Farbstoff in verschiedenen Mitteln sehr verschieden gefärbte Lösungen bilden kann und dies von *Capranica* auch an den lichtbeständigeren Pigmenten der Retina bemerkt ist, haben wir sowohl das Aussehen wie das spektroskopische Verhalten der eben genannten 3 Pigmente in den einzelnen Lösungsmitteln genauer beachtet. Das Chlorophan löst sich in Aether mit derselben grüngelben Farbe, wie in Petroläther, das Xanthophan in letzterem mit der gleichen orange- bis reingelben, von der Verdünnung abhängigen, niemals grüngelb werdenden Nuance, wie in Aether. Schwefelkohlenstoff löst beide mit tieferer, das Chlorophan mit orangegelber, das Xanthophan mit rothoranger Färbung. Der an den Substanzen auffällige, durch

die grünliche Nuance besonders charakterisirte Unterschied rührt also keineswegs vom Lösungsmittel her. Das Rhodophan, das sich in dem bis dahin erhaltenen Zustande in Schwefelkohlenstoff überhaupt nicht löst, zeigte in den 3 verwendbaren Mitteln für das Auge direkt kaum bemerkbar verschiedene Nuancen, doch waren die Spektra z. Th. incongruent.

Nachdem es gelungen war die Pigmente der Vogelretina von einander zu trennen, hofften wir sie auch von anderen fremden Beimengungen scheiden und vielleicht krystallinisch gewinnen zu können. Indess ist uns dies bis jetzt nicht geglückt, da wir kein Verfahren fanden, die Pigmente von der Verunreinigung durch kleinere Mengen Seife oder Fettsäuren zu befreien. Wir waren der ziemlich verbreiteten Annahme gefolgt, dass Seifen in Benzol, Schwefelkohlenstoff u. dergl. unlöslich seien, aber diese bewährte sich nicht, denn wir fanden die Abdampfungsrückstände aller Pigmentlösungen deutlich seifehaltig, was sich sowohl an der gelatinösen Beschaffenheit vor dem Erreichen vollkommener Trockne, wie an der Ausscheidung fester Fettsäuren und öliger Tropfen nach dem Behandeln mit Säuren zeigte. Von den ätherischen Lösungen überraschte uns dies nach früheren an Seifen des Fettgewebes oder des Eigelbs gemachten Erfahrungen weniger, als an den mit Petroläther oder mit Benzol bereiteten Lösungen, von welchen die letzteren, zur Extraktion des Rhodophans benutzten, sogar den grössten Seifengehalt aufwiesen, und wenn man bei Verwendung gewöhnlichen Aethers, der in demselben Maasse Wasser aufnimmt, wie er selber in Wasser löslich ist, denken konnte, dass er von den nicht absolut trockenen Seifen soviel aufnehme, als dem mit übergehenden Wasser entspricht, so wurde die Erklärung besonders für den Petroläther, der gar kein Wasser aufzunehmen scheint, hinfällig. Der Petroläther schien endlich auch dann noch Seife aufzulösen, wenn diese so vollkommen wie möglich entwässert war, in einem Falle also,

wo nicht einmal Zersetzung der Seife und Uebergang von Fettsäuren in den Aether, was den Uebergang der Seife erst zur Folge haben könnte, stattfinden konnte. Zu unserer Belehrung an den farbigen Fetten des Eigelbs unternommene Versuche, die Alkaliseifen erst in Barytverbindungen überzuführen, welche wir der Aether- oder Benzolbehandlung unterwarfen, fielen auch nicht befriedigend genug aus, um das mit schwerer Mühe aus den Vogelaugen erworbene Material daran zu wagen.

Die dargestellten Farben hafteten also an Seife oder stellten selbst möglicherweise Verbindungen mit Alkali vor. Ohne über das letztere entscheiden zu können, meinen wir auf die Unwahrscheinlichkeit der Annahme aufmerksam machen zu sollen; man müsste denn voraussetzen, dass jene Alkaliverbindungen in Wasser unlöslich seien, um verstehen zu können, weshalb sie sich weder der Vogelretina oder dem daraus gewonnenen Fette, noch dessen Seifen durch Erwärmen mit etwas Alkali oder $NH_3$ entziehen lassen. Da sich Fette und Fettsäuren in Eisessig lösen, begreift man, dass trockne Vogelretinae auch an dieses Mittel den Farbstoff abgeben, ebenso dass alle daraus erhaltenen Mischungen der Seifen mit den Farbstoffen in Eisessig unter Beibehaltung der charakteristischen Färbung löslich sind. Aus solchen Lösungen scheidet Wasser die Fettsäuren aus und an diesen haftete jedesmal das Pigment. Wir haben die tief gefärbten Seifen auch in heissen Alkohol gelöst, mit wenig Eisessig versetzt, wodurch nur in einem Falle die Farbe verändert wurde, und darauf mit Wasser verdünnt. Hierbei schieden sich die Fettsäuren wieder aus, theils in Krystallen, theils in öligen Tropfen, von denen wieder die Pigmente nicht zu trennen waren. Einmal durch solche Behandlung statt an Seifen von Fettsäuren fixirt, zeigten die einzelnen Pigmente keine Unterschiede mehr in der Löslichkeit, da sich jetzt das Rhodophan leicht in Schwefelkohlenstoff, Aether und Petroläther, das Xanthophan auch schnell

in Petroläther löste, wie nicht zu bezweifeln ist, weil die in allen genannten Mitteln löslichen Fettsäuren jetzt das Führmittel für die Aufnahme der Pigmente bildeten. Die Zerlegung der Seifen durch Ansäuern gewährt immerhin ein gutes Mittel, um jede Art Lösung, auch des Rhodophans, von beliebiger Concentration herzustellen. Das Rhodophan ist dann in der Mischung mit freien Fettsäuren auch in Schwefelkohlenstoff löslich und nimmt darin im Gegensatze zum Chlorophan und Xanthophan keine andere Nuance, wie die in den früheren Lösungsmitteln auftretende purpurrothe an. Mit der Seife in heissem Alkohol gelöst und mit überschüssigem Eisessig versetzt, sahen wir diese schöne Farbe nach und nach gelblich werden und nach 48 Stunden ganz verschwinden, eine Zersetzung, welche im Lichte nicht schneller, als im Dunkeln verlief.

Da die bis soweit gewonnenen Erfahrungen schon einige physiologische Verwendung zuliessen, haben wir zunächst von weiteren Bemühungen, die retinalen Pigmente im Zustande vollkommener chemischer Reinheit zu gewinnen, abgesehen. Die Pigmentseifenmischungen liessen sich z. B. vortrefflich zur Herstellung wässriger Lösungen und damit zur Entscheidung der aufgeworfenen Frage nach der Lichtempfindlichkeit in diesem Falle verwenden. Schon an der direkt aus dem Fette gewonnenen Seife war keine auffälligere Veränderlichkeit durch Licht zu bemerken, obwohl wir unsere Darstellungen im Allgemeinen unter möglichstem Lichtschutze, wenn auch keinem so peinlich vollkommenen, wie beim Arbeiten mit Sehpurpur, vorgenommen hatten. Da indess die tiefe Farbe des Rhodophans in der Mischung das Chlorophan und Xanthophan nahezu unkenntlich macht und nur die letzteren lichtempfindlich sein konnten, wurden auch die getrennten Pigmente in wässrige Lösungen übergeführt. Die kleine Seifenmenge, welche diese verunreinigte, genügte dazu so wenig, dass mit kochendem Wasser gar keine, mit überschüssigem

Alkali auch nur kaum gefärbte Flüssigkeiten zu erhalten waren. Leicht gelang dies aber mit 5procentiger Galle, welche alle 3 Pigmente in hinreichender Menge aufnahm. Die Lösungen gingen erst nach längerem, etwa 24stündigem Stehen klar durch das Filter. Wir fanden sie nicht veränderlicher im Lichte als die bisher mit wasserfreien Mitteln hergestellten. Am meisten sehen wir bis heute nach vieltägiger Exposition an die Wintersonne das Chlorophan, dann das Xanthophan ausgeblichen, während das Rhodophan noch keine Neigung zum Abblassen erkennen lässt, wenn wir es neben die Dunkelprobe halten. Dagegen ist die Lösung dieses Körpers in Terpenthinöl sehr unbeständig, aber im Dunkeln nicht minder, als im Hellen, offenbar weil der Terpenthin sich ozonisirt und so den Farbstoff bleicht. Wir müssen also unsere Frage, ob aus den farbigen Fetten der Vogelretina etwas hervorgehe, das in anderer Weise gelöst, lichtempfindlich sei im Sinne des Sehpurpurs, mit einem entschiedenen Nein beantworten.

Die Darstellungsweise der Farbstoffe macht eine Erörterung unumgänglich über ihre Praeexistenz in der Retina. Mittelst der Spektralanalyse würde hierüber am bündigsten zu entscheiden sein, aber es fehlten uns dazu einstweilen Apparate, welche das Verfahren an dem mikroskopischen Präparate der Retina mit genügender Genauigkeit durchzuführen gestatteten, denn mit dem *Browning*'schen spektroskopischen Oculare, das *Talma* (Onderzoekingen g. i. h. physiol. Lab. t. Utrecht. B. III. II p. 259) zu diesem Zwecke benutzte, wollte es uns nicht gelingen mehr als sehr diffuse Bilder zu erhalten, auf welche hin wir uns nicht getrauen Angaben über die Spektra der in den einzelnen Farbkugeln enthaltenen Pigmente zu machen.

Wer den mikroskopischen Anblick der Vogelnetzhaut kennt, kann nicht zweifeln, dass sie mindestens 3 Farben enthält, eine rubinrothe, eine orange bis rein gelbe, und eine grünlichgelbe, und

es ist uns darum unfassbar, wie man nur auf den Gedanken zu kommen vermochte, allem Augenscheine zuwider so Verschiedenes von einem einzigen Farbstoffe abzuleiten. Es braucht nicht darüber verhandelt zu werden, dass der Augenschein täuschen könne, da es Niemand bezweifelt, aber gegen Evidenzen von der Art der hier vorliegenden ist es gefährlich zu verstossen. Gäbe es nur rubinrothe und orange Fettkugeln in den Zapfen, so wäre es allenfalls glaublich, dass die letzteren den rothen Stoff nur in verdünnterer Lösung enthielten, aber für die grüngelben Zapfenkugeln der Vogelretina setzt die Annahme eines einzigen Pigmentes Etwas voraus, was ohne Fluorescenz unmöglich ist, nämlich dass Grün von unzweifelhafter Deutlichkeit durch Verdünnen von Roth oder Orange entstehe.

Wir haben Retinapräparate an Deckgläsern antrocknen lassen und hierauf mit Alkohol, mit Aether, mit Benzol u. s. w. behandelt, um zu sehen, wie sich die Farben der Zapfenkugeln beim Anschwellen unter Verdünnung der Lösung wandelten, und es ist uns unzweifelhaft geworden, dass die grössten und blassesten Tropfen immer noch die 3 Farben unterscheiden liessen, besonders da, wo die Tropfen dicht zusammenrückten, oder im Momente, wo sie ineinander flossen; wir möchten sogar behaupten, dass die Differenz zwischen blassgelben aus ursprünglich orangefarbenen durch Verdünnung entstandenen und einigen noch wenig vergrösserten, intensiv grüngelben Tropfen dabei deutlicher wurde, als sie anfänglich war. Dagegen meinen wir, dass die rubinrothen Kugeln von vornherein nicht ganz dem Aussehen des Rhodophans entsprechen, mehr ins reine Roth schlagen, als es das reine Pigment thut, was übrigens leicht verständlich ist, wenn sie ausserdem etwas Xanthophan enthalten[1]). In der Taubenretina sieht

[1]) Beim Falken fand *Schwalbe* (Handbuch der Ophthalmologie v. Graefe und Saemisch Bd. 1. S. 414) in scheinbar orange gefärbten Kugeln 2 Farbstoffe sichtbar vertheilt, einen hellgrünen, den rothen umschliessend.

man aber das in sehr kleinen, vermuthlich auch aus Fett bestehenden Körnchen enthaltene Rhodophan bis zur feinsten Vertheilung zerstreut in den Innengliedern vieler Zapfen liegen und dort von derselben unzweifelhaft rosenrothen oder purpurnen Nuance, welche das von uns dargestellte Rhodophan besitzt. Wie also dieser Körper in situ und im Zustande feinster Vertheilung oder optischer Verdünnung aussieht, weiss man: er fällt durchaus nicht ins Orange oder gar in grünliches Gelb. Wo sich die grösseren rubinrothen Kugeln durch das geeignete Lösungsmittel in umfangreichere Tropfen von verdünnterem Inhalte verwandeln, sieht man sie ausserdem nicht einmal den orangefarbenen gleich, geschweige den grünlichen ähnlich werden. Demnach entsprechen die von uns dargestellten Farbstoffe den in der frischen Retina auffälligen und erkennbaren Farben der Fettkugeln in den Zapfen sehr bestimmt. Von der Existenz blauer Kugeln, welche Manche annehmen, konnten wir uns beim Huhne und bei der Taube unter Ausschluss von Täuschungen durch Contrast so wenig überzeugen, wie es uns hat gelingen wollen durch die verschiedensten Trennungsmethoden, unter welchen z. B. auch farblose Fette als Lösungsmittel der isolirten Pigmente und Seifen geprüft wurden, eine bläuliche Substanz zu gewinnen.

Weitere Mittel zum Nachweise der Uebereinstimmung zwischen den extrahirten und noch in der Retina befindlichen Pigmenten boten sich in den von *Schwalbe* (l. c.) entdeckten grünblauen bis blauen Reactionen der Zapfenkugeln gegen Jod. So lange die Pigmente an Fett gebunden zur Untersuchung kamen, haben wir vergeblich versucht sie ausserhalb der Retina mittelst Jod zu färben und daraus Veranlassung genommen nachzusehen, ob in den Zapfenkugeln neben dem farbigen Fette eine zweite Substanz enthalten sei, welcher die *Schwalbe*'*sche* Reaction hätte zukommen können. Da farblose Zapfenkugeln durch Jod nicht gebläut werden und die Intensität der Reaction, abgesehen von

den dabei auftretenden Mischfarben, doch augenscheinlich von dem Reichthum des Tropfens an Pigment abhing, war die Annahme wenig wahrscheinlich, und es gelang auch in der That nicht an Netzhäuten, die durch irgend welche Extraktion erst entfärbt worden, noch etwas von der Färbung durch Jod hervorzubringen. An der frischen Retina gewinnt man nicht so ganz leicht und ohne längere Behandlung mit überschüssiger Jodlösung überhaupt nicht die Ueberzeugung, dass alle Farbkugeln und namentlich die helleren auf Jod reagiren; man darf sich also nicht wundern, wenn die Vereinigung des ganzen retinalen Fettes, das im Aetherextrakt die Pigmente einhüllt, dem Zutreten des Reagens hinderlich wird.

Wir haben die Sache mit Jodlösungen der verschiedensten Art versucht, mit alkoholischen und wässrigen in Jodkalium, oder in Mischungen beider, aber immer vergeblich. Dennoch zweifeln wir nicht, dass die Reaction nach gehörigem Emulgiren wohl auch so zu erreichen wäre, denn sie gelang uns mit den isolirten Pigmenten recht gut. Das Chlorophan und Xanthophan geben die grünlichblaue Färbung am besten, während sie am Rhodophan zwar dunkler, aber schmutziger und mehr grünlich ausfiel. Bei allen 3 Substanzen war es zweckmässig, die wegen der Verunreinigung durch etwas Seife alkalischen Massen zuvor mit einer Spur Essigsäure zu behandeln. Man sieht hiernach, dass die Jodreaction weiteren Anhalt für die Uebereinstimmung der extrahirten Pigmente mit den praeformirten liefert, und es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass man das Bild der eigenthümlich schmutzigen Färbung des Rhodophans auch in der Retina findet, wenn man die sonderbare Nuance beachtet, welche das diffuse rothe Pigment der Zapfeninnenglieder in der ausgezeichneten rötheren Stelle der Taubennetzhaut unter dem Einflusse des Jods annimmt.

Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure färben nach

*Capranica's* Angabe (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. Hft. 3 S. 285) die Farbkugeln und das daraus extrahirte farbige Fett dunkel, grünblau bis blau. Wir haben die Reaction mit Salpetersäure, die etwas salpetrige Säure enthielt, auch an den getrennten Pigmenten erhalten, am schwächsten am Rhodophan, das nur vorübergehend blass blaugrün wurde und sich schnell ganz entfärbte; intensiver und weniger flüchtig am Xanthophan und Chlorophan. Mit Schwefelsäure gab es ähnliche Unterschiede, insofern nur die letzteren Pigmente reiner blau, das erstere vorübergehend schwarzblau, dann dunkelbraun wurde. In der Retina ist die Schwefelsäurereaction überhaupt weniger gut zu sehen, weil die Eiweissstoffe davon zu dunkel, das Fett im Allgemeinen roth wird, so dass Mischfarben auftreten.

Nach den angegebenen Vergleichungen dürfte die Praeexistenz der von uns gefundenen 3 Substanzen in der Retina nicht mehr bezweifelt und damit zugegeben werden, dass die farbigen Zapfenkugeln Pigmente enthalten, welche sehr schwer zersetzlich sind, in kaum beachtenswerthem Grade veränderlich durch Licht, unveränderlich in den Lösungsmitteln der Fette nicht nur, sondern auch gegen Siedhitze und während der Verseifung durch concentrirtes Alkali.

Wenn die Vogelretina mehrere und, wie gezeigt wurde, sehr verschiedene Farbstoffe enthält, so hat die spektroskopische Untersuchung einer daraus bereiteten, neben dem Fette sämmtliche Pigmente enthaltenden Lösung geringe Aussichten, Aufschluss über die Beschaffenheit des Lichtes zu geben, das durch die Farbkugeln zu den Zapfenaussengliedern dringt. Wir legen desshalb besonderen Werth auf die in dem Folgenden zu erörternden spektroskopischen Befunde an den einzelnen Farbstoffen und stellen auf Taf. 3 Fig. 14, Taf. 4 Fig. 15 vornehmlich des Gegensatzes wegen die Spektra der in Aether und in Schwefelkohlenstoff mit dem Fette vereinigten gemischten Pigmente dar. Diese und alle

übrigen Spektralbilder wurden nach Beobachtungen entworfen, die wir bei gutem Tages- oder Sonnenlichte mit Hülfe des Heliostaten unter geeigneten Abblendungen sowohl des zu intensiven Sonnenlichtes, wie der nicht in Betracht kommenden Theile des Spektrums anstellten. Wir haben von den gebräuchlichen malerischen Copieen der Absorptionsbänder abgesehen, weil dieselben im Drucke selten treu den Zeichnungen entsprechend herauskommen, und dafür die anschaulichere und genauere, in der Chemie mehr übliche Darstellung in Curven vorgezogen. Die Orte der maximalen Absorption, das Zu- oder Abnehmen dieser haben wir versucht möglichst treu wieder zu geben, ebenso das Dunkelheitsverhältniss der einzelnen Bänder zu einander und das Ansteigen diffuser Absorptionen an den Enden der Spektra. Alle Lösungen wurden in das *Hermann'sche* Hämoskop, das einen Wechsel der Schicht von 0 bis 35 mm. zuliess, gefüllt vor den Spalt gebracht und in der Weise untersucht, dass man bei langsamer Verdickung der Schicht beurtheilen konnte, welche Schatten zuerst und welche Antheile der einzelnen Bänder nacheinander auftauchten; darnach sind die Höhen und Gestalten der Curven bemessen. Wo wir, wie beim Chlorophan namentlich im Roth oder Orange, geringe Absorption glaubten vermuthen zu dürfen, wurden ausserdem Röhren mit ebenen Verschlussenden von 10—20 Ctm. Länge verwendet. Da das Hämoskop Flüssigkeiten aufzunehmen hatte, welche Harzkitte auflösen, auf die es ursprünglich nicht eingerichtet ist, haben wir ein mit Kreidekitt gefertigtes Instrument benutzt und die ineinander gleitenden Cylinder, wenn nöthig, mit Glycerin statt mit Fett geschmiert.

Das Spektrum Fig. 14 der gemischten Pigmente zeigt den breiten Streif β beträchtlich schwächer, als den ersten vor F beginnenden und entsprechend dem vorherrschenden Gelb starke weitere Absorption im Anfang des Violet, während Fig. 15 die Streifen stark zum rothen Ende verschoben und totale Aufhellung

im Violet darbietet. Es ist dies etwas den gemischten Lösungen in $CS_2$ Eigenthümliches und in Uebereinstimmung mit der dem Auge direkt wahrnehmbaren Aenderung der Nuance. Der Streif β Fig. 15 ist bei gutem Lichte und hinreichend dünnen Schichten natürlich doppelt zu sehen, obwohl die beiden Schatten dann sehr schwach sind.

Fig. 16 zeigte das Verhalten des Chlorophans, das sowohl für Lösungen in gewöhnlichem Aether, wie für die in Petroläther gilt. Dieselben liessen viel mehr Violet durch, als die Mischung der 3 Pigmente, dagegen weniger Blau und weit mehr Grün. Die concentrirteste Lösung, die wir hatten, und welche bei 20 mm. das gezeichnete Spektrum gab, liess bei 20 Ctm. Dicke weder im Roth von A an, noch sonst irgendwo vor b Absorption erkennen.

In $CS_2$ gelöst, wurde das Chlorophan orangegelb, indem das Grün unkenntlich wurde, und das Spectrum (Fig. 20) zeigte jetzt mehr Indig und Blau, das Grün, bis F hin, von dem ersten Bande bedeckt. Nach dem Verdunsten des $CS_2$, von neuem in Aether aufgenommen, gab es wieder das Spectrum Fig. 16.

Das von Chlorophan gereinigte Xanthophan gab nur einen Streifen (Fig. 17) vor F beginnend und starke Beschattung des Violet, welche schon im Indig anfing; in $CS_2$ gelöst (Fig. 21) viel stärkere schon im Cyanblau beginnende Absorption des Indig und Violet, und ein gleich hinter E beginnendes Band; das Aussehen der Lösung näherte sich stark dem des spectralen Roth von B bis C. Auch das Xanthophan wurde durch einmaliges Auflösen in $CS_2$ nicht geändert, denn wenn man es nach dem Abdunsten des $CS_2$ in Aether löste, wurde das vorige Spectrum (Fig. 17) zurückerhalten.

Die Lösungen des Rhodophans zeigten ebenfalls nur ein Absorptionsband, aber von bedeutender Breite, das bei der Benzollösung (Fig. 18) E und F überragte, bei der in Terpenthinöl

zwischen b und F begann und zum grössten Theile in den Raum zwischen F und G fiel (Fig. 19). Wie die beiden Spectren noch Unterschiede in der Absorption von Violet zeigen, so waren sie auch für das Auge nicht absolut gleich, die Benzollösung etwas heller, mehr rosa.

Da man die Spectren Fig. 14 u. 15 der gemischten Pigmente nicht durch Uebereinanderlegen der Einzelspectren erhalten kann, so versuchten wir aus den gereinigten Pigmenten wieder eine gemischte Lösung von dem gleichen Verhalten der ursprünglichen herzustellen. Nach Zerlegung der Seifen durch Ansäuern war dies für sämmtliche Stoffe, besonders auch für das Rhodophan mit Aether und Schwefelkohlenstoff ausführbar, aber wir haben diese Versuche bald aufgegeben, als wir sahen, dass das Probiren mehr Material kostete, als der Zweck verdiente.

---

Von derselben Seite, welche die verschiedenen Pigmente der Vogelretina auf ein Einziges zurückzuführen versuchte, ist die weitere gewagte Behauptung aufgestellt, jene eine (nicht existirende) Substanz sei identisch mit dem gelben Pigmente der Fettkugeln im Retinaepithelium des Frosches. Wir haben diesen Körper in hinreichender Menge aus den Abfällen der Froschaugen, welche zur Bereitung von Sehpurpur gedient hatten, herzustellen vermocht, indem wir darauf hielten, sämmtliche Chorioïdeae mit dem Retinaepithel, oder auch die am hinteren Pole sorgfältig gesäuberten Augengründe, wenn sie keine andere Verwendung fanden, immer sofort in Alkohol werfen zu lassen. So wurde auf dieselbe Weise, wie es bei den Vogelaugen geschehen, aus einigen Tausend Froschaugen das gelbe Fett und aus diesem die pigmenthaltige Seife gewonnen. Es gelang hier immer leicht, die dünne Seifenlösung vollständig durch Ausschütteln mit Aether vom Farbstoff zu befreien und diesen selbst jedenfalls reiner von Seifen, mehr in Gestalt harter, sich schon vor dem

vollkommenen Verdunsten ausscheidender Rinden zu gewinnen. Ihn krystallinisch zu gewinnen, gelang mit keiner Auflösung.

Die *Schwalbe*'sche Jodreaction, welche *Boll* an den Fettkugeln des retinalen Epithels beim Frosche auch erhielt, sahen wir an diesem Pigmente vortrefflich eintreten, ebenso die Färbungen mit $NHO_3$ und $SH_2O_4$. Um ganz sicher zu erfahren, wie sich das retinale Froschfett im Vergleiche zu dem des Huhnes verhalte, haben wir nicht versäumt, einen Theil der aus ersterem erhaltenen Seife in derselben Weise, wie bei jenem, erst im trocknen Zustande herzustellen und darauf mit Petroläther zu extrahiren. Es liess sich damit alles Pigment entziehen, so dass die Seife völlig farblos wurde und was sich löste hatte nur eine, die rein gelbe, in Aether mit derselben Leichtigkeit übergehende Farbe; weder etwas von grünlicher, noch von mehr orange oder rother Nuance kam dabei zum Vorschein.

In Fig. 1 ist das Spectrum der ätherischen Epithellösung, in Fig. 3 das des gereinigten Pigmentes, das wir Lipochrin nennen wollen, dargestellt. Die beiden Spectren besitzen ersichtlich grosse Aehnlichkeit, wie es zu erwarten ist, wenn das Fett nur ein Pigment enthält, und wir wollen nicht versäumen, auf den schlagenden Unterschied aufmerksam zu machen, der allein schon in diesem Umstande gegenüber dem Aussehen der Pigmentspectren und des Fettspectrums von der Vogelretina, wo von solcher Aehnlichkeit, aus nicht mehr zu erwähnenden Gründen, überhaupt nicht die Rede sein kann, liegt. Gewisse Differenzen sind gleichwohl auch hier vorhanden, wahrscheinlich deshalb, weil das Fett, als ein an der Auflösung sich betheiligender Körper von Bedeutung für die Nuance ist. Bei allen Spectren des Lipochrins ist geringere Absorption an Stelle des ersten dem Roth zu liegenden Bandes im Vergleiche zu der des zweiten bemerkenswerth, wie es sonst nur beim Chlorophan und dort nur an der ätherischen Lösung (Fig. 16) vorkommt. In $CS_2$ ge-

löst gibt das Lipochrin das Spectrum (Fig. 6), das ausser der starken Verschiebung der Bänder bis E in Concentrationen, wo diese scharf sind, totale Aufhellung im Violet zeigt. Ist neben dem Pigmente Fett im $CS_2$ gelöst, so erhält man das Spectrum von Fig. 4, das wieder anders ist, indem es weniger Violet und das Band $\alpha$ kurz vor E beginnend zeigt.

Die in Heft 3, Seite 289 angeführte Erfahrung, dass das Kaninchen, dessen Fettgewebe sehr blass ist, auch im Retinaepithel nahezu farblose Fettkugeln führt, gab Veranlassung, den lappigen Fettkörper in der Bauchhöhle des Frosches auf dessen auffälliges Pigment zu prüfen. Da die Untersuchung mit denselben Methoden, wie bisher geschah und die Resultate vollkommen mit dem vom Retinaepithel berichteten zusammenfielen, beschränken wir uns auf die Darstellung der Belege in den Spectren von Fig. 2 u. 5, Fig. 3 u. 4. Auch dieser Farbstoff gab die erwähnte Jodreaction, von welcher freilich an den Fettzellen des Gewebes keine Spur hervorzubringen war, ebenso die blauen bis grünen Färbungen mit $NH_3O$ und $SH_2O_4$. Bei den Spectren bitten wir die überall deutliche und gleichförmige Höhendifferenz der Curven $\alpha$ u. $\beta$ zu beachten, welche besonders geeignet ist, die Identität des Farbstoffes in den genetisch, wie functionell so überaus verschiedenen Ablagerungsplätzen epithelialer und dem Bindegewebe angehöriger Zellen des Frosches hervortreten zu lassen.

Wie die Lappen des Fettkörpers feucht gehalten in einigen Tagen, an der Sonne allenfalls schon in einem Tage bedeutend abblassen, so thun es auch die Lösungen dieses Fettes in Alkohol oder in Aether und die des aus der Seife extrahirten Lipochrins. In Galle gelöst blich das Pigment nicht schneller aus, in sehr verdünnter Lösung, auf weissem Grunde, bei niedriger Schicht besten Falls in 2—3 Stunden bis zur vollkommenen Entfärbung; doch wurde dies nur im Juli, in der Zeit von 12—3

Uhr unter maximal wirkendem direkten Sonnenlichte bei einer durch Berieselung auf 12° C. erhaltenen Temperatur erreicht.

Nach diesen Erfahrungen dürften weitere Untersuchungen über den gelben Farbstoff des Fettes verschiedener Thiere grosses Interesse bieten und es wäre namentlich wichtig, zu wissen, ob es Säugethiere gibt, bei denen Fetttropfen von identischer Farbe im Retinaepithel auftreten. Beim Menschen, dessen Fett bekanntlich gelb ist, vermissten wir deutliche Fetttropfen im Retinaepithel gänzlich, ebenso beim Schweine oder dem Rinde, wo wir blasses Retinafett zu finden hofften. Die Haut der Frösche gibt an Alkohol und Aether gelbgrünliche Fette ab, aus denen wir durch Verseifung eine Substanz erhielten, die sich vom Lipochrin nicht unterschied.

Dass es sinnlos sei das gelbe Pigment des Froschfettes für identisch mit der Mischung von drei Farbstoffen der Vogelretina zu halten, bedarf keiner weiteren Erwähnung, es blieb aber zu untersuchen, ob das Lipochrin nicht mit einem derselben, dem Chlorophan oder dem Xanthophan übereinstimme, womit es dem Augenscheine nach unter Umständen einige Aehnlichkeit hat. Seine Lösungen sind aber weder so grünlich, wie die des Chlorophans, noch so orangegelb, wie die des Xanthophans, wenn man von einigermaassen gleich concentrirten Flüssigkeiten ausgeht; in fester Gestalt oder mit Fett zerrieben hat es die meiste Aehnlichkeit mit dem Chlorophan, dessen grünliche Nuance in diesem Zustande etwas zurücktritt. Man braucht indess nur die Spektra Fig. 3 u. 6 des Lipochrins mit denen des Chlorophans Fig. 16 u. 20 zu vergleichen, um so colossale Unterschiede zu entdecken, dass jeder Gedanke an Identität der Körper schwinden muss. Während das Band $\alpha$ des Chlorophans ziemlich weit hinter F beginnt, überschreitet $\alpha$ des Lipochrins F beträchtlich; der Streif $\beta$ des ersteren reicht über G hinaus, während $\beta$ des anderen weit vor G aufhört. (Vergl. Fig. 3 u. 16).

An den Schwefelkohlenstofflösungen fällt ein ähnliches Verhältniss der beiden im Ganzen nach dem Roth hin verschobenen Bänder auf die Linien E, b und F bezogen, auf (vergl. Fig. 6 u. Fig. 20). Das Xanthophan zum Vergleiche mit dem Lipochrin heranzuziehen, verbietet der Umstand, dass dessen Spektra alle einstreifig sind und das Lipochrin für eine Mischung aus Xanthophan und Chlorophan zu halten, wäre, anderer Gründe zu geschweigen, unerlaubt, weil die Trennungsmethoden, welche für diese bei der Vogelretina vollkommen anschlagen, auf das Fettgewebe und das Retinaepithel des Frosches angewendet, wie schon bemerkt, niemals zwei Pigmente liefern.

Somit sind also in der Retina bis jetzt im Ganzen nicht weniger, als 4 verschiedene lichtbeständigere Farbstoffe neben dem hier nicht zu erörternden schwarzen Pigmente nachgewiesen.

Schon von *Thudichum* (Centralblatt f. d. Med. Wissenschft. 1869 S. 1) u. A. ist auf die Aehnlichkeit des Farbstoffes der gelben thierischen Fette mit denen des Hühnereidotters und der Corpora lutea, ja mit dem vieler gelber Pflanzentheile hingewiesen. Wir haben desshalb noch den Eidotter und die Corpora lutea nach den bei der Netzhaut befolgten Methoden einer kurzen Untersuchung unterzogen. Fig. 7 zeigt das Spektrum eines durch Zerrühren frischer Eidotter mit wenig Alkohol und viel Aether erhaltenen Extraktes. Dasselbe ist dem des Froschfettes (Fig. 1 u. 2) bezüglich der Bänder $\alpha$ und $\beta$ ähnlich, aber man bemerkt darin bei G noch einen dritten schwachen Streifen und viel geringere Beschattung des Violet. Dieser dritte Streif, von *Preyer* beschrieben und abgebildet (*W. Preyer*, die Blutkrystalle. Jena 1871. Taf. II Fig. 13), in neuerer Zeit von Anderen geleugnet, ist nur bei gutem Lichte und sehr engem Spalte nach passendem Wechsel der Schicht mittelst des Hämoskops zur Anschauung zu bringen. Zuweilen gelingt es aber auch durch das sorgfältigste Probiren nicht sich von seiner Anwesen-

heit zu überzeugen, was wir auf die bekannten individuellen oder von der Hühnerrace abhängigen Unterschiede in der Färbung der Dotter zurückführen möchten. Constanter sahen wir einen dritten Streifen bei G, aber nach dem Roth hin verschoben, in den Schwefelkohlenstofflösungen (Fig. 10) auftreten, die wir mit dem Verdampfungsrückstande der ätherischen Dotterfettlösung erhielten. Aus trockener Dotterseife nahmen sowohl Petroläther, wie Aether das gesammte Pigment auf, dessen spektroskopisches Verhalten Fig. 8, 9 u. 11 wiedergeben. Die Aehnlichkeit dieser Spektra der gereinigten Substanz mit denen des Lipochrins ist allerdings ziemlich auffallend, aber wir müssen doch auf 2 wesentliche an den ätherischen Lösungen hervortretende Unterschiede aufmerksam machen: die Bänder $\alpha$ des Eipigmentes beginnen 1. immer hart an F, während deren Anfang beim Lipochrin ausnahmslos und mit grosser Deutlichkeit v o r F in den Raum zwischen b und F fällt, und 2. ist die Absorption beim Eipigmente am Bande $\alpha$ niemals schwächer als an dem Streifen $\beta$, wie es für das Lipochrin constant gilt. Diese Differenzen scheinen uns so schwer wiegend und an sich schon einer Identitätsannahme hinderlich, dass es kaum weiter in's Gewicht fällt, wenn die Spektra der $CS_2$-Lösungen hinsichtlich der diffusen Absorption des violetten Endes noch so bedeutende Unterschiede, wie die in Fig. 6 u. 11 verzeichneten, aufweisen.

Mehrere nach der Farbe zu unterscheidende oder im Spektralverhalten abweichende Lösungen aus der Dotterseife durch fractionirte Extraktion zu erhalten, gelang so wenig, wie die Darstellung krystallinischen Pigments. An der amorphen Masse fiel uns die etwas grössere Löslichkeit in verdünnter Natronlauge, erkennbar an der hellgelben Färbung des Filtrates, auf, sehr im Gegensatze zu der kaum zu behauptenden Färbung, welche die zuvor genannten Pigmente Alkalien ertheilten. Doch kann diese Differenz auf schwerer zu entfernenden Beimengungen beruhen. Wie

schon bemerkt führte das Verarbeiten der Eierseife in Barytverbindungen zu keinem andern Ziele, als die allgemein von uns befolgte Methode, ja die staubtrockenen Barytseifen hatten sogar den Nachtheil in Aether anzuquellen und damit eine äusserst schwierig zu filtrirende Masse zu geben. Die Lichtempfindlichkeit des Dotterpigmentes, das man Ontochrin nennen könnte, fanden wir in der ätherischen und alkoholischen Lösung, oder nach dem Aufnehmen in Galle, etwa so, wie die des Lipochrins, also ebenfalls grösser, als die der Pigmente in der Vogelretina.

In Fig. 12 u. 13 haben wir noch Abbildungen der Spektra von Lösungen des Luteïns aus dem verseiften Rückstande von Aetherextrakten der Corpora lutea der Kuh gegeben. Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung bei der ätherischen Lösung mit der gleichen des gereinigten Eigelbs so gut, wie vollkommen, bei der $CS_2$-Lösung aber nicht vorhanden, insofern Fig. 13 allein totale Aufhellung im Violet zeigt. Dies auf Unterschiede der Concentration zu beziehen, ist unzulässig, weil die gezeichneten Differenzen grade dann am deutlichsten waren, wenn jede der Lösungen die beiden im Grün und Blau gelegenen Bänder mit gleicher Schärfe zum Vorschein kommen liess. In Petroläther gelöst, giebt das Luteïn ein Spectrum, das von dem der ätherischen Lösung nur in der Lage des Bandes $\alpha$ ein wenig abweicht. Auf Fig. 12 ist es durch die punktirte Curve angemerkt.

Das Verhalten des Eigelbs und des Luteïns zu starker $NH_3O$ und $SH_2O_4$ ist seit lange bekannt; wie *Capranica* gelang es auch uns am Luteïn die *Schwalbe*'sche Jodreaction deutlich hervorzubringen, während das Ontochrin mit dem Reagens mehr schmutzig grün wurde.

Da von den sämmtlichen hier erörterten Pigmenten bisher keines im Zustande vollkommener chemischer Reinheit dargestellt

ist, wird man sich eingehender Betrachtungen über ihre chemische Verwandtschaft einstweilen enthalten müssen. Wir haben es am Lutein erlebt, dass einzelne Reactionen und Löslichkeitsverhältnisse zur Verwechselung desselben mit dem Bilirubin und zu so schwerer Verwirrung in der Lehre von den Gallenfarbstoffen führten, dass viel Arbeit nöthig wurde, um sie wieder davon zu befreien. Und doch wäre jener Irrthum nicht begangen, obwohl die chemische Kenntniss der verwechselten Stoffe sich erst entwickelt, wenn Differenzen von der Ordnung der hier zwischen Farbstoffen geschilderten sogleich beachtet wären. Ohne Frage sind die optischen Methoden von ausserordentlicher Feinheit und bei Substanzen, die nur in minimalen Mengen erreichbar bleiben, noch für lange Zeit die wesentlichen und unersetzbaren. Man wird sich darum um so mehr hüten müssen ihre Resultate zu unterschätzen und Unterschiede, die sie ergeben, zu unterdrücken, wo andere Methoden scheinbar Uebereinstimmung anzeigen. Auf die vorliegenden Fälle bezogen, würde Ignoriren der spektralanalytischen Befunde zunächst zu Verwechselungen führen, die etwa gleichbedeutend wären mit der Verwechselung von Hämoglobin und sog. Pikrocarmin, und es würde die Berufung auf einzelne chemische Reactionen, gegen manche weniger in die Augen fallende Spektraldifferenzen nur dazu beitragen, leicht zu unterscheidende Pigmente für ein und dasselbe halten zu lassen, wie es unglücklicher Weise bereits geschehen ist.

Indem wir die nun erwiesene Möglichkeit in der Vogelretina allein schon 3 gründlich verschiedene Pigmente zu scheiden und die starken Differenzen im spektroskopischen Verhalten der vorstehend erörterten Substanzen scharf hervorheben, glauben wir die fernere Untersuchung am besten auf den Weg zu leiten, der im physiologischen Interesse vor Allem einzuschlagen ist, wenn wir zu einer für die Lehre vom Sehen dringend nöthigen Kennt-

niss über die Absorption des Lichtes in der Retina gelangen wollen.

Heidelberg, 2. Januar 1878.

---

Taf. III., IV., V. stellen die im Text erörterten Spektra dar, deren Bedeutung durch die Ueberschriften auf den Taf. erklärt wird. Die Zeichnungen beginnen überall erst mit der *Fraunhofer'schen* Linie a, da in dem Roth von A bis a keine Absorptionen anzugeben sind.

# Untersuchungen über den Sehpurpur.

(Schluss von Heft 3. S. 290.)

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

## III. Veränderungen des Sehpurpurs und der Retina im Leben.

Innerhalb der normalen Lebensbedingungen ist bis jetzt nur eine Ursache der Veränderung und Entfärbung des Sehpurpurs bekannt: sie ist das ins Auge fallende Licht; und nur eine der Wiederkehr des Purpurs, in der Entziehung des Lichtes, das ihn zersetzte. Die Retinafarbe wird wieder hergestellt in der Dunkelheit, durch schwaches oder durch rothes Licht. Nur derjenige Purpur wird zersetzt, den das Licht erreicht: die Wirkung ist eine örtliche, direkte. Thiere mit verbundenen Augen, der Sonne beliebig lange ausgesetzt, behalten die Retinafarbe und wenn nur ein Auge belichtet ist, wird der Purpur des anderen niemals in Mitleidenschaft gezogen. Dies ergaben Versuche an Kaninchen und an Fröschen im normalen Zustande und in der Lähmung durch Curare. An Kaninchen wurde es constatirt, indem man sie fesselte, ein Auge der Sonne zuwandte und das andere gegen ein dunkles Polster drückte, an Fröschen in ähnlicher Weise nach Vergiftung mit Curare oder durch Anlegen und Annähen starker Kautschukstreifen über ein Auge.

Ausnahmen von diesem Verhalten sind nur denkbar, wo Licht durch ein Auge in das andere gelangt. Dass dies bei manchen Vögeln der Fall ist, lehrt die hübsche Beobachtung von *Czerny* (Wien. Acad. Ber. LVI) über die Sichtbarkeit des

Augengrundes der Taube, wenn man durch die Cornea hineinsieht, während das Auge der anderen Seite ausschliesslich Licht empfängt. Es scheint so viel Licht durch die dünnen Gewebsmassen, welche die beiden hinteren Augenpole im Schädel trennen, dass das zweite Auge sogar recht intensiv beleuchtet wird. An der lebenden Taube fanden wir die Erhellung indess sehr unbedeutend und nur mit höchst intensivem Lichte unter vollkommenem Schutze des beobachteten und des eigenen Auges bemerkbar, offenbar weil das Blut im Schädel viel Licht absorbirte; doch war an einer albinotischen Taube noch so viel zu sehen, dass man glauben musste, sie sähe es selbst und werde deshalb noch Licht empfinden, wenn z. B. das gegenüberstehende Auge ohne Trübung erblinden und ausschliesslich Licht empfangen sollte. Kleinere Vögel mit noch zarterer, die Augen trennender Zwischenschicht könnten es deshalb wohl erleben, dass sehr intensives Licht ihnen durch den Kopf ginge und den Purpur der dunklen Seite, falls sie solchen besitzen, etwas angriffe; es müsste aber dazu die Voraussetzung gemacht werden, dass die Blutschicht, welche durchschienen wird, dünn genug ist, um neben Roth noch Grün durchzulassen.

Beim Frosche kennen wir einen Zustand, der im Dunkeln den Sehpurpur zwar nicht schwinden macht, die Retinafarbe aber sehr bedeutend, bis zum blassen Rosa schwächen kann. Es geschieht dies bei nicht zu kalt gehaltenen, mehrere Tage dem Curareödem unterworfenen Thieren. Die Erscheinung tritt während des Lebens ein und wurde nicht nur bei wohl erhaltenem Herzschlage beobachtet, sondern auch an Exemplaren, von denen wir nicht zweifeln, dass sie die Lähmung so gut überstanden haben würden, wie ihre mit der gleichen Dosis vergifteten und unter gleichen Bedingungen gehaltenen Genossen, die sich erholten. Da Curarevergiftung an und für sich die Purpurmenge gar nicht beeinflusst und das Oedem das Wesentliche ist, wird man an-

nehmen können, dass die lebhaftere Lymphströmung, also Resorption die Ursache der Erscheinung ist und dass der Purpur aus den Stäbchen zum grössten Theile ausgelaugt wird. Wir können nicht umhin, dabei wieder des S. 174 erwähnten Befundes gänzlichen Fehlens des Sehpurpurs in einem normalen menschlichen Dunkelauge von *Michel* zu gedenken, wo ähnliche Verhältnisse geänderter Resorption vorgelegen haben müssen.

Im 4. Hefte des Archivs f. Anat. u. Physiol. 1877 S. 437 bemerkt *O. Langendorff* gelegentlich, dass der Sehpurpur Fröschen, welche seit langer Zeit enthirnt und deren Sehnerven durchschnitten worden, noch normal gefärbte Retinae gezeigt hätten. Wir können dies bestätigen und hinzufügen, dass wir 3—4 Tage nach der Enthirnung die Fähigkeit der Retina erhalten fanden, nach gründlicher Besonnung in normaler Zeit wieder Purpur im Dunkeln zu bilden. Der epithelhaltige Augengrund solcher Frösche regenerirte auch für sich in der gewöhnlichen Weise eine zuvor isolirt gebleichte Netzhaut, wenn sie darauf gelegt wurde. Diese Versuche bedürfen der Ausdehnung auf seit längerer Zeit operirte Thiere und auf die Säuger.

Bestimmungen über die Geschwindigkeit der Purpurbleiche intra vitam sind bis heute in umfassenderer Weise nur am Frosche vorgenommen, wo sie bekanntlich das für die Auffassung der Netzhautfarbe, als einer zum Sehen essentiellen Substanz, sehr hinderliche Resultate ergaben, dass Licht, welches für die Zwecke des Sehens weitaus genügt, die Retinafarbe gar nicht angreift und solches, das diese Intensität mindestens hundertfach überschreitet, beträchtlicher Zeit, ja directes Sonnenlicht wenigstens 10 Minuten bedarf, um den Sehpurpur merklich zu ändern oder total zu entfärben. Es konnte also nur die Beobachtung, dass die herausgenommene Froschnetzhaut ausschliesslich durch Licht gebleicht und von mässigem Lichte mit erstaunlicher Geschwindigkeit verändert wird, die Annahme rechtfertigen, dass die In-

dolenz des Froschpurpurs intra vitam scheinbar sei und auf Schwinden mit Ersatz beruhe. Leider ist einstweilen über diese Rechtfertigung nicht hinauszukommen und an den Poikilothermen durch keine exakte Beweisführung die Möglichkeit zu widerlegen, dass im lebenden Auge oder in der epithelhaltigen Retina bis zum Eintritte maximaler Blendung wirkliche Indolenz des Sehpurpurs vorliege, welche die Regeneration natürlich unnöthig machen oder ausschliessen würde.

Im Gegensatze zu den zeitlichen Verhältnissen beim Frosche wird die Netzhautfarbe der Säuger und vermuthlich fast aller Homöothermen intra vitam mindestens 60mal schneller von dem gleichen Lichte gebleicht.

Um diese Zeit zu bestimmen, haben wir zuvor im Dunkeln gehaltene Kaninchen ins Freie unter Glasglocken gesetzt und deren Netzhäute nach Belichtungen verschiedener Dauer in bekannter Weise untersucht, meist unter Anwendung der Alaunhärtung, die für die Erhaltung der Farbe ein vollkommen zuverlässiges Mittel ist und in allen Fällen das Hervorziehen und Umdrehen der Membranen ohne Verletzungen gestattet, was ohne Härtung selten glückt. Das Verfahren gab ausserordentlich wechselnde Resultate, oft so grosse zeitliche Differenzen von Minuten, wie von Stunden und nicht selten örtliche von einem Auge zum andern, dass wir es nach den ersten verlorenen Bemühungen gänzlich fallen liessen. Man brauchte den Kaninchen nur zuzusehen, wie sie die Augen bald länger schlossen, oder eines gegen das Glas oder sonstige erreichbare Gegenstände drückten, um zu wissen, dass auf diese Weise nicht zu experimentiren und nur mit der optographischen Methode zu arbeiten sei. Doch verfehlen wir nicht, die Angabe von *Coccius*[1]) zu bestätigen, dass im Hellen gehaltene Kaninchen oft ganz entfärbte Netzhäute

[1]) *Coccius:* über die Diagnose des Sehpurpurs im Leben. Progr. Leipzig 1877.

haben und dann längerer Dunkelheit bedürfen, um wieder Sehpurpur zu zeigen.

Die vorstehende allgemeine Bemerkung über die grosse Geschwindigkeit der Purpurbleiche bei Säugethieren bezieht sich bereits auf intra vitam hergestellte Optogramme, denn die Ausbildung und Verbesserung der Methoden belehrte uns, dass die früheren Angaben (Hft. I., S. 97) bezüglich der erforderlichen Zeiten (3—5 Min.) viel zu hoch gegriffen waren.

Zur Beurtheilung des befolgten experimentellen Verfahrens schicken wir eine kurze Beschreibung unserer Einrichtungen voran. Der Arbeitsraum befindet sich in einem besonders dafür hergestellten Häuschen, das statt der Fenster nur kleine, ohne Schwierigkeiten lichtdicht zu verschliessende Oeffnungen zum Einsetzen von Heliostaten hat. Im Innern sind die Wände, der Fussboden und die direct unter dem schrägen Dache horizontal gezogene Decke mit mattschwarzer Farbe gestrichen. Durch die Decke ragt ein hohler, vierseitiger Conus bis auf 1,60 Met. Entfernung vom Fussboden nach abwärts, dessen untere Oeffnung mit einer passenden, einfachen Figur versehen, das optographische Object darstellt. Heft 3, S. 232 und 233 sind das letztere und die Vorrichtungen, welche es von oben erleuchten, bereits beschrieben. Unter dem Objecte kann in dessen etwas vorspringenden Rahmen eine schwarze Papp- oder Glastafel eingeschoben und damit die Figur verdeckt und der ganze Arbeitsraum völlig verdunkelt werden. Räumliche, in der Dachconstruction gegebene Verhältnisse hatten uns darauf verzichten lassen, die obere Weite des Lichttrichters grösser, als 4270 □ Ctm. zu nehmen, es stellte sich aber heraus, dass sie vollkommen genügte, da wir gewöhnlich keine grösseren Intensitäten nöthig fanden, als die mit der Vorrichtung von 10 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags an den trübsten Wintertagen zu erzielenden und bei Sonnenschein oder sehr hellem, weissbewölktem Himmel über dem matten Glase noch dämpfen mussten.

An den Wänden der Kammer befinden sich Gaslampen mit *Bunsen*'schen Brennern zur Herstellung von Natronlicht, worin alle vor oder nach der optographischen Exposition nöthigen Operationen bequem auszuführen sind.

Anfänglich wurden nur mit Curare gelähmte und durch künstliche Respiration am Leben erhaltene Kaninchen verwendet; als wir aber sahen, dass die Thiere im *Czermak*'schen Halter jede gewünschte Zeit vollkommen ruhig bleiben, wenn man sie nicht erschreckt und mit einiger Regelmässigkeit streichelt und dass sich das Auge durch 3 in die Conjunctiva gelegte Fäden genügend fixiren lässt, haben wir den Gebrauch des Giftes ganz aufgegeben. Dagegen wurde der Accomodationsapparat in allen Augen durch Einträufeln einiger Tropfen 1procentiger Atropinsulfatlösung ausser Wirksamkeit gesetzt, und wenn keine Fixirfäden gebraucht wurden, ein federnder durch Schrauben gesicherter Lidhalter in die Lidspalte gesetzt.

Unter diesen Umständen fanden wir von unserem Objecte, wenn dessen Entfernung vom Corneascheitel 24—25 Ctm. betrug, nach genügender Exposition jedesmal ein haarscharfes Optogramm, worin sich die am wenigsten verzerrten, durch den hinteren Pol laufenden Streifen, deren Objectgrösse = 5 Ctm. war, 1,5 mm. breit abbildeten. Der fixirte Kaninchenkopf wurde mittelst des Halterbrettes auf einen hohen, vertical verstellbaren Tisch so gesetzt, dass sich das Centrum der Cornea möglichst genau senkrecht unter dem Mittelpunkte des Objectes befand, was nach dem ersten Ausprobiren durch Beachtung einiger auf der Unterlage angebrachter Zeichen immer leicht zu erreichen war. Die einzigen Unregelmässigkeiten der Stellung, welche jetzt vorkommen konnten, lagen in der des Auges zum Kopfe durch die Fixirfäden und in der Drehung, welche der Kopf selbst um seine Längsaxe mittels des Halters erhielt. Es kam aber selten etwas darauf an, ob die Optogrammstreifen überall senkrecht oder

unter irgend welchem Winkel zu dem dunkleren Purpurstreifen, welcher in der Kaninchennetzhaut ungefähr an der Stelle des horizontalen Trennungsmeridians liegt, verliefen, falls nur Theile des Bildes vorhanden waren, welche solchen Strahlen entsprachen, die nahe am Corneascheitel aufgefallen und in die Nähe des hinteren Poles gebrochen waren.

Zur Untersuchung des Optogramms kam ausnahmslos Alaunhärtung in Verwendung und zwar in der schon angegebenen Weise (Hft. I, S. 83) mit Lösungen von 4pCt. Da die frühere Beschreibung des Verfahrens nicht ausführlich genug gewesen und es zu unserer Kenntniss gekommen ist, dass viele Beobachter darnach vergeblich zu arbeiten versuchten, wird hier nachgetragen, dass das Auge erst nach dem Eröffnen und Halbiren, vom Glaskörper befreit in Alaun zu versenken ist, ferner dass das Herausnehmen der Netzhaut nicht in der Lösung, sondern unter Wasser geschehen muss, um sie zugleich etwas auszuwaschen, wenn die Stäbchenschicht nicht nachträglich während des Trocknens der Präparate absplittern soll.

Glücklicher Weise eignet sich kein Auge so gut, wie das des Kaninchens, um mit der optographischen Methode über die Grade der Veränderung des Sehpurpurs nach Belichtung zu entscheiden. Abgesehen von den Vortheilen, welche der weisse Streif der markhaltigen Nervenfasern und der hohe Eintritt des Sehnerven zur raschen Orientirung auf der Netzhautfläche gewähren, besitzt dieses Auge in dem intensiver gefärbten Purpurstreifen, den wir die Sehleiste nennen wollen, ein ausgezeichnetes Reactionsband, an welchem die Intensität oder die Dauer der Belichtung leicht zu beurtheilen ist, wenn man dessen Veränderungen mit den auf der übrigen Fläche entstandenen vergleicht. Ein Bild, das im Allgemeinen auf der Netzhautfläche nur angedeutet ist, wird durch die Leiste vollkommen unterbrochen, und eine in der ersteren deutliche Zeichnung ist auf der Leiste oft

noch verwaschen u. s. w. Es lassen sich daher verschiedene Stadien der Lichtwirkung durch Beschreibung des Optogramms, wie es auf und neben der Leiste aussieht, geben und indem wir diese voranstellen, hoffen wir die Erörterung des Späteren zu vereinfachen.

I. Nach der kürzesten und schwächsten Belichtung ist nur der centrale Theil des Bildes durch eine Nuance der Farbe angedeutet, ausschliesslich auf der Fläche, gar nicht auf der Leiste sichtbar. (Unter der Fläche ist hier und später der nicht von der Leiste eingenommene Theil der Retina und vorwiegend dessen unterer Abschnitt gemeint.) Man sieht die belichteten Streifen mehr reinroth oder brandroth, weniger purpurn, zwischen den ganz unverändert purpurfarbigen und kann sie zählen, aber da das Bild diffus ist, ihre Breite nicht messen. Die Sehleiste ist continuirlich dunkelpurpurfarbig.

II. Etwas intensivere oder längere Belichtung erzeugt ein ähnlich diffuses Bild; die hellen Theile sind blassrosa, nicht roth; in der Sehleiste sind ihnen correspondirende reinrothe, zählbare Flecken zu sehen.

Nach weiterer Verlängerung der Exposition oder Zunahme der Intensität entstehen die folgenden Optogramme:

III. Auf der Fläche ist das Bild in hellem Gelb und Purpur ausgeführt, die Leiste durch schärfere Einschnitte von blass rosenrother Farbe unterbrochen. Jetzt sind die Streifen neben der Sehleiste gut zu messen.

IV. Das Bild ist wie in III., aber der durch den Pol gehende oder demselben benachbarte Streif ist rein weiss, seine Fortsetzung auf der Leiste hellgelb.

V. Die Streifen sind auf der Fläche scharf weiss und purpurn gezeichnet, in der Sehleiste hellgelb und dort auch messbar.

VI. Die Streifen ziehen ohne Unterbrechung über die Sehleiste

farblos weg; den dunklen Stellen entsprechen auf der letzteren purpurne, auf der Fläche reinrothe Bänder (vollkommenes Optogramm).

VII. Die weissen Streifen sind breiter, als die farbigen, diese an den Rändern mehr reinroth, orange, rosa oder gelblich (Ueberexposition).

VIII. Die farbigen Streifen stehen als ganz schmale, orangefarbene Linien zwischen den breit übergreifenden farblosen; alle Theile der Retina sind blassorange oder gelblich, die äussersten peripherischen mehr rosa. Um von diesem Zustande bis zur vollkommenen diffusen und ganz nach vorn herumreichenden Ausbleichung zu gelangen, bedarf es noch mindestens halbstündiger Exposition.

Zu unserer eigenen Ueberraschung haben wir gefunden, dass das erste Stadium schon nach 10—15 Sec. erkennbar, nach 1/2 Min. mehr als deutlich ist, dass das Stadium II nach 30 Sec. oft, nach 45 Sec. sicher zu sehen ist, dass III nach 1 Min., IV nach 1 1/2 Min., V nach 2 Min. vollkommen, VI nach 3 Min., VII in 3—5 Min., VIII nach 6—10 Min. erhalten werden. Die Ueberraschung darüber war um so grösser, als die ganze Versuchsreihe bei dem schlechtesten Lichte, das wir überhaupt im Winter hatten, angestellt wurde, bei einem Lichte, das zur selben Zeit von 11—1 Uhr zum Mikroskopiren in bester Lage gegen den südlichen Himmel recht unbequem war. Wir halten es daher für sehr möglich, erkennbare Augenblicksoptogramme mit dem Kaninchenauge zu gewinnen, wenn das beste Tageslicht oder Sonnenlicht mit geeigneter Dämpfung verwendet wird.

Von *Coccius* ist angegeben, dass die Netzhaut im Freien gehaltener Kaninchen nach längerem Verweilen im Dunkeln noch sehr blass oder farblos sei. Wir fanden dies durchaus bestätigt und waren erstaunt den Verlauf der Dunkelregeneration beim

Kaninchen wenig anders, als beim Frosche zu finden, nachdem uns die optographische Methode mit den colossalen Unterschieden im Gange der Ausbleichung bekannt gemacht hatte. Es gab aber viele Gründe uns diese Erfahrung nicht zu hoch anschlagen zu lassen, schon weil sie aus einer Methode hervorgegangen war, die über das Ausbleichen nichts Scharfes ergeben hatte und darum noch weniger über die Rückkehr des Purpurs zu entscheiden versprach. Unsere zeitmessenden optographischen Versuche schlossen bereits die Verwendung der besseren Methode zur Bestimmung der Regenerationszeiten ein, denn man brauchte nur erst ein Optogramm auf dem einen Auge herzustellen, das Kaninchen umzuwenden und das zweite Auge zur folgenden Aufnahme herzurichten, um das erste Bild nach einem beliebigen, der Regeneration gewährten Intervalle untersuchen zu können. Wurde das Kaninchen unmittelbar nach Beendigung der letzten Aufnahme getödtet und die Augen schnell präparirt in Alaun geworfen, so waren zwei Optogramme zu vergleichen, von denen das zuletzt entstandene nur einige Sekunden postmortaler Regeneration, das erste denselben Process intra vitam von der gewünschten Dauer erfahren hatte. Ausserdem konnte durch Zurückhalten der Augen im abgeschlagenen Kopfe vor der Ueberführung in das Alaunbad die postmortale Regeneration allein oder der vitalen folgend, zugelassen und ihre Wirkung untersucht werden.

In dieser Weise wurden folgende Versuche ausgeführt: Den 30. Nov. wird das linke Auge L von 11 U. 27 Min. bis 11 U. 32 Min. exponirt, das rechte Auge R von 11 U. 34 Min. bis 11 U. 37 Min. Decapitation um 11 U. 39 Min. L liegt in Alaun um 11 U. 44$^1/_2$ Min., R um 11 U. 41$^1/_2$ Min. Es waren also exponirt L und R je 5 Min.; L waren 7 Min. zur Regeneration im Leben, 5$^1/_2$ Min. postmortal, R nur postmortale Regeneration von 2$^1/_2$ Min. gewährt. Das Licht war von mittlerer

Helligkeit. Die Optogramme waren vollständig gleich, ihre Streifen sehr scharf, die hellen auch in der Sehleiste ganz farblos. Die Zeit hatte zur Regeneration nicht gereicht.

Wir nahmen jetzt die Regenerationszeit bedeutend länger, exponirten beide Augen wieder je 5 Min., gaben dem ersten Auge 35 Min. während des Lebens Ruhe in der Dunkelheit, indem wir es, wie immer, so lange gegen schwarze Wolle drückten, als die Exposition des andern Auges dauerte, und warfen es 8 Min. nach dem Tode in Alaun, in welchen das letzt exponirte sofort gelegt war. In der üblichen Weise nach 24 Stunden auf kleinen Porzellanschälchen mit der Rückfläche nach oben ausgebreitet, boten die Retinae jetzt zwei sehr verschiedene Bilder: das letzt erhaltene, etwas überexponirte war weiss und roth ausgeführt, das zuerst erzeugte in blassem Rosa und intensivem Purpur, etwa dem Stadium II entsprechend. Hiernach braucht ein vollkommenes, richtiger ein Optogramm des Stadium VII, oder eine Stelle der Netzhaut, welche in 5 Min. gänzlich ausgeblichen ist, mindestens 35 Min. Ruhe im Dunkeln, um wieder erkennbar purpurn (rosa) gefärbt zu werden.

Da in 5 Min. bereits Ueberexposition erzielt wird, liessen wir weiterhin das Licht nur 3 Min. wirken, und gewährten dem ersten Auge, das jetzt zuerst und sofort nach dem Tode in Alaun kam, 33 Min. Regenerationszeit, dem zweiten 6 Min. vom Tode bis zum Alaunbad. Das Optogramm des letzteren war untadelhaft in reinem Weiss und Purpur ausgeführt und überschritt die Sehleiste ohne Unterbrechung des Weiss. Die Netzhaut des ersten Auges zeigte noch Spuren des Bildes in verschiedenen rosafarbenen Nuancen, wovon man sich am besten auf der Sehleiste überzeugte.

Ein anderer Versuch unter denselben zeitlichen Verhältnissen mit vielleicht etwas geringerer Lichtintensität angestellt, ergab noch vollkommnere Regeneration, so dass unbetheiligte Personen,

denen nur die wieder ausgeruhte Retina vorgelegt wurde, sie für unbelichtet erklärten und die etwas weniger purpurn gefärbten Stellen auf der Sehleiste, die wir, der Distanz der Streifen entsprechend, noch wahrzunehmen glaubten, nicht bemerkten. Das andere Controlauge hatte ein vollkommenes Optogramm des Stadium VI geliefert.

Aus den angeführten Versuchen ist zu schliessen, dass ein vollkommener, sich auch auf die Sehleiste erstreckender Verlust an Sehpurpur in der Kaninchennetzhaut mindestens 33 Min. Dunkelheit zu vollkommenem Wiederersatze erfordert und dass der Anfang der Regeneration nach 7 Min. bemerkbar wird.

Die am Frosche gewonnenen Erfahrungen machten es auch für das Kaninchen wahrscheinlich, dass diese Zeit bedeutend kürzer ausfallen werde, wenn man es nicht bis zu totaler Ausbleichung des Purpurs kommen liess, und wir haben in der That gefunden, dass die Anfänge der Optogramme so schnell wieder verwischt werden, wie es die auf die Photochemie des Purpurs begründete Hypothese des Sehens erfordert.

Bei einem folgenden Experimente, wo die Exposition wieder 3 Min., aber während eines äusserst dichten Winternebels stattgefunden hatte, fanden wir das Optogramm an sich gerade genügend, d. h. scharf und messbar, aber überall und besonders in der Sehleiste noch schwach farbig, etwas chamois. Hier hatten für das zuerst gebildete 18 Min. Dunkelwirkung intra vitam genügt, um es fast auszulöschen, wieder so, dass nur in der Leiste für Kenner noch Spuren zu bemerken waren. Diese letzten Spuren scheinen sich nach unseren zahlreichen Beobachtungen überhaupt erst nach 50—60 Min. zu verwischen, falls das Bild auf der Leiste durch annähernd vollkommene Ausbleichung entstanden war.

Begreiflich zeigten alle nicht überexponirten Optogramme an der Peripherie des Bildes weniger ausgeprägte Differenzen der

belichteten und der dunkel gebliebenen Stellen, als central, der Art, dass z. B. die mittleren Streifen in weiss und roth ausgeführt waren, wo die peripherischen orange, gelb oder chamois zwischen purpurnen standen. Wenn es richtig war, dass die vollkommen gebleichte Retina unverhältnissmässig langsamer regenerirt wird, als die nur angebleichte, welche noch Reste von Sehgelb oder Sehpurpur enthält, so musste jener Unterschied zwischen den mittleren und den Randtheilen des Bildes durch Regeneration zu verstärken sein und ein neues Mittel gewähren, um den Grad der Regeneration zu beurtheilen. Dies trifft in der auffälligsten Weise zu, und wir hätten uns darum überall wo Regeneration ins Spiel kam, richtiger ausgedrückt, wenn wir, statt von Optogrammen schlechthin zu reden, angegeben hätten, dass deren centraler Theil, oft nur der eine mittelste Streif mit den ihm benachbarten beiden dunklen Bändern gemeint gewesen. Indem wir auf die Randtheile achteten, fanden wir, dass dort sehr deutliche, aber in sehr hellem Rosa und Purpur oder in Orange bis Gelb und Chamois neben dem Purpur ausgeführte Zeichnungen in der That schon nach höchstens 10 Min. verwischt werden. Das war selbst in den ersten Stadien der Ueberexposition an den alleräussersten Randtheilen bemerkbar, vollends an den nur 3 Min. bei ungünstigstem Lichte exponirten und bei den unvollkommenen Bildern der beiden Stadien I und II in solchem Grade der Fall, dass wir uns wenigstens für die gerade gut kenntlichen Bilder gar nicht getrauen die Zeit anzugeben, welche zu ihrem Erlöschen genügt. Wir können nur sagen, dass man sich ausserordentlich mit der Decapitation und der Zurichtung des Auges für das Alaunbad eilen muss, wenn man die in $^1/_4$ Min. herstellbaren Bilder überhaupt sehen will. Optogramme, welche in $1^1/_2$ Min. entstanden sind, brauchen im Allgemeinen 15 Min., in 1 Min. hergestellte 10 Min., um wieder zu verschwinden, und es tritt dabei sehr

häufig das ein, was man erwarten konnte, nämlich dass, wenn von dem Bilde überhaupt noch etwas zu merken ist, dieser Rest aus einem einzigen etwas heller nuancirten Bande in der Nähe des hinteren Poles besteht.

Offenbar ist das Auge des Menschen und vieler Thiere in der Lage nach flüchtigen Lichteindrücken, welche selbst in örtlicher Einschränkung keine totale Purpurbleiche aufkommen lassen, der Retina die zum Regeneriren nöthige kurze Zeit der Ruhe und Dunkelheit zu gewähren, und wenn dies durch den Lidschlag geschieht und durch das Lid noch etwas Licht dringt, so ist es zu unserem Vortheile rothes, welches das Blut seiner wirksamsten Schwingungen auf den Sehpurpur beraubte. Wir haben freilich die Ueberzeugung, dass das menschliche Auge in der Tagesarbeit unter gewöhnlichen Verhältnissen vielfach um seinen Purpur kommt und dann wol nahezu 40 Minuten, wenn nicht mehr, braucht, um wieder zu dem normalen Gehalte zu gelangen; in dem mittleren Lichte aber, das wir für feinere Arbeit bevorzugen, und in der Beleuchtung, die wir namentlich zum dauernden Sehen verwenden, dürfte der Sehpurpur immer nur theilweise in einem Stäbchen zersetzt werden und statt der Neubildung nur Rückbildung seitens des Epithels beanspruchen. Die letztere ist es aber, welche halbe Stunden, die erstere, welche Minuten, vielleicht nur Secunden oder Bruchtheile von Secunden in Anspruch nimmt, und wenn dem so ist, so wird die dazu nöthige Verdunkelung entweder erreicht, indem wir den Blick von hellen Objekten auf dunkle gleiten lassen, oder ebenso unbewusst durch den Lidschlag; andernfalls müssten wir gewärtig sein, unsern Sehpurpur für länger als eine halbe Stunde, wie das Kaninchen unter dem optographischen Objekte, zu verlieren, wenn wir nur 3 Min. zum Fenster hinaus dem Zuge der Winternebel folgen, was Niemandes Auge anstrengt.

Um aus solchen Ueberlegungen wissenschaftliches Gut zu

machen, gibt es keinen andern Weg, als die Beobachtung am menschlichen Auge und es ist darum sehr zu beklagen, dass es bis heute nicht gelungen ist, mit dem Augenspiegel zu entscheiden, ob der Sehpurpur an der Leuchtfarbe des Augengrundes betheiligt sei, und dass Niemand von dem lebenden Auge sagen kann, ob es purpurhaltig ist oder nicht. Es wird desshalb jede Angabe über die Farbe menschlicher Netzhäute von Werth sein, wenn ihr die Bedingungen, unter welchen das Auge sich vorher befunden, hinzuzufügen sind. Schon die eine von *Schenk* und *Zuckerkandl* gefundene Thatsache, dass das Auge eines nach Sonnenaufgang unter freiem Himmel Hingerichteten purpurhaltig und den Angaben nach mindestens so purpurreich, wie die meisten bis jetzt untersuchten Dunkelaugen gewesen (vergl. Hft. I, S. 33), ist desshalb hoch schätzbar und hätte wohl verdient, bei ihrer weiteren Verbreitung durch Referate vollständig mit Rücksicht auf die Belichtung wiedergegeben zu werden. Wir fügen derselben (vergl. die Nachträge) eine Beobachtung hinzu über Erhaltung des Purpurs bis zum Tode in einem von Gaslicht erleuchteten Sterbezimmer.

So weit es möglich war, haben wir versucht, über den Einfluss des Lidschlages und der Intermittenz des Lichtes auf den Gang der Purpurbleiche bei Thieren Aufschluss zu suchen. Hinsichtlich der Resultate und deren unmittelbarer Uebertragung auf das Sehen, was fast gleichbedeutend mit der Annahme wäre, dass sich die Dinge beim Menschen ebenso verhalten, wie beim Kaninchen, ist im Voraus zu bemerken, dass wir sowohl in den bekannten Unterschieden des feineren Baues zwischen thierischen und menschlichen Netzhänten, wie in der Thatsache, dass die meisten Thiere ausser dem Auge und dem Ohre in der Nase ein drittes fernreichendes Sinnesorgan besitzen, das dem Menschen beinahe abgeht, starke Gründe zur äussersten Zurückhaltung und zur ausschliesslichen Verwendung des Gefundenen auf das noch

genauer zu untersuchende Sehvermögen der Versuchsthiere finden.

Zum Optographiren mit unterbrochener Belichtung wurde vor dem Auge eine dunkle Scheibe mit geeigneten Ausschnitten durch ein Uhrwerk gedreht. Um jede gewünschte Geschwindigkeit zu erhalten, wurde die bewegliche Axe mit Hülfe einer fest darauf gesetzten Rolle von kleinem Durchmesser und einer über deren rauhen Rand laufenden Schnur mit der Trommel des nach *Ludwig's* Angaben von *Baltzer* und *Schmidt* in Leipzig gebauten Kymographions in Verbindung gesetzt, dessen Umgänge bekanntlich innerhalb weiter zeitlicher Grenzen nach Willkür veränderlich sind. Die Trommel war an der Stelle, wo die Schnur um sie lag, zur Sicherung der Reibung mit einem Tuchstreifen überzogen. Es gelang so das Diaphragma der Scheibe mit grosser Regelmässigkeit über dem Auge vorbei zu bewegen.

Indem die Scheibe in der Secunde einmal umlief und die Diaphragmen 2 gegenüberliegende Quadranten einnahmen, wurde das Auge je $^1/_4$ Sec. beschattet und $^1/_4$ Sec. belichtet, also die halbe Versuchszeit exponirt unter 2maligem Wechsel von hell zu dunkel in 1 Secunde. Als Belichtungszeit wählten wir zunächst diejenige, welche ununterbrochen mit Sicherheit vollkommene, eher über- als unterexponirte Optogramme lieferte, also 3 Min., im Ganzen jetzt 6 Min. Das Kaninchen wurde wie gewöhnlich aufgestellt und die drehbare Scheibe möglichst nahe über das Auge gerückt. Nach weiteren 6 Minuten befand sich das zweite Auge unter dem beweglichen Diaphragma; es wurde 3 Minuten exponirt. Bis zum Decapitiren verging noch 1 Min. Aus dem Alaun genommen zeigte das erste Auge, das also während 3 Min. Licht erhalten und zur Regeneration 10 Min. (6 + 3 + 1 Min.) Zeit gehabt hatte, welche für diese Expositionszeit früher durchaus nicht genügt hatte, das Bild wieder unkenntlich zu machen, nur Spuren des Optogramms, das nur aus zwei kenntlichen,

etwas heller gefärbten Streifen bestand, nichts von seinen peripherischen Theilen errathen liess und auf der Sehleiste kaum zu bemerken war. An dem andern Auge, das im Ganzen $1^1/_2$ Min., also vollauf genügend um ein sehr kenntliches Bild zu liefern, belichtet worden, war keine Spur des Optogramms zu erblicken. Hier fällt jeder Verdacht weg, dass erblasste Stellen nachträglich regenerirt worden. Der Versuch beweist, dass nach jedesmaliger $^1/_4$ Sec. dauernder Belichtung, ebenso lange Beschattung nahezu vollkommene Regeneration hervorbringt; wir sagen: „nahezu", obgleich die letzte Exposition von $1^1/_2$ Min. gar kein Bild gegeben hatte, weil der andere Versuch von der doppelten Zeit noch eins erzielte und wir uns nicht vorstellen mögen, dass es erst nach Ablauf der ersten $1^1/_2$ Min. angefangen habe, sich zu bilden. Unter Einhaltung derselben Zeiten haben wir diesen Versuch, schon um möglichst grosse Sicherheit im Experimentiren zu erwerben, viele Male bei der gleichen, fast ausschliesslich verfügbaren, sehr mässigen Intensität des Tageslichtes wiederholt und immer dasselbe oder fast gleiche Resultat erhalten.

Bei hellerem Lichte unter jagenden, weissen Wolken, das uns ausnahmsweise begünstigte, kamen trotz Intermittenz Optogramme aber schon in $^1/_2$ Min. zu Stande. An demselben Tage wurden 2 Versuche gemacht, indem das erste Auge jedesmal $1^1/_2$ Min., das zweite 1 Min. unter dem Apparate verweilten. Zwischen beiden Expositionen vergingen je 12 Min., so dass das erste Bild je 15 Min. Zeit zur Regeneration erhielt. Der Erfolg war bei dem zweiten Augenpaar der genannte, bei dem ersten, Abwesenheit jeglichen Optogramms. Für dieses Licht hatte die Zeit von 30 Sec., die es nach Abzug der Unterbrechungen auf die Retina fiel, genügt, das Stadium I etwa hervorzubringen und da es in dem jedesmal vorangegangenen Versuche 45 Sec. gewirkt hatte, musste das Optogramm dort noch besser gewesen sein,

immer aber schwach genug, um in den 15 Min. darauffolgender Dunkelheit wieder verwischt zu werden.

Noch ohnmächtiger erwies sich die Intermittenz bei weiterer Steigerung der Lichtintensität. Am 11. Jan. exponirten wir ein Auge um 12 Uhr in der gewohnten Weise, während der Himmel wolkenfrei war und die Sonne auf den oberen Verschluss des Lichttrichters fiel. Obwohl die Objecttafel keine direkten Sonnenstrahlen erhielt, wurde eins der Diaphragmen auf der Drehscheibe geschlossen, so dass nun auf $^1/_4$ Sec. Belichtung $^3/_4$ Sec. Schatten folgte. Das erste Auge wurde 6 Min. unter dem Apparate gehalten, also 90 Sec. belichtet, das zweite $^1/_2$ Min. später 3 Min., so dass es 45 Sec. Licht erhielt. Das Thier wurde darauf sofort getödtet. Das erste Auge, welches hiernach noch $3^1/_2$ Minuten Regenerationszeit erhalten hatte, zeigte 3 weisse Streifen, deren Fortsetzung auf der Sehleiste hell rosa aussah, während das zweite Auge nur einen kenntlichen Streifen, farblos mit rosa gefärbter Umgebung erkennen liess.

Unmittelbar nach diesem Versuche wurde bei fortdauerndem Sonnenschein an einem zweiten Kaninchen, unter Beibehaltung der eben genannten Intermittenz, das erste Auge 3 Min., das andere, 1 Min. später, $1^1/_2$ Min. exponirt und um weniger Licht in das Auge dringen zu lassen, ein kreisförmiges Diaphragma von 3,5 mm. Durchmesser unmittelbar über dem Corneascheitel befestigt. Im zweiten Auge war die Retina jetzt ganz unverändert purpurfarbig, während die des ersten zwar kein Optogramm, im Ganzen aber eine mehr reinrothe Färbung erkennen liess. Für die Intensität, welche das Licht jetzt im Auge noch haben konnte, war also die der Belichtungszeit dreimal überlegene Zeit der Verdunkelung hinreichend, um während 22,5 Sec. und 45 Sec. im Ganzen wirkender Bestrahlung keine bemerkbare Bleichung aufkommen zu lassen.

Unsere Absicht, am Kaninchen den Lidschlag nachzuahmen

oder die zeitlichen Verhältnisse des Blinzelns oder Plinkens menschlicher Augen auf das Kaninchen zu übertragen, scheiterte an der Unmöglichkeit am Kaninchen irgend welche Regel dieser Bewegungen herauszubringen. Ganz im Lichte oder vor einer hellen Oeffnung gehalten pflegten sie gar keinen eigentlichen Lidschlag vorzunehmen, sondern die Augen zuweilen für längere Zeit zu schliessen; es hatte daher keinen Sinn, diese indolenten Thiere unter dem optographischen Objecte, wo man sie noch fesseln musste, darauf gründlicher zu untersuchen. Da es auch am Menschen kurzer Hand nicht glücken wollte, bei der gegebenen Belichtung, Normen für den Lidschlag herauszubringen, insofern unbenachrichtigte Personen, die sich mit dem Kopfe unter das Object legten, bald ohne Lidschlag darauf starrten, bald in offenbar ungewohnter Weise häufig blinzelten, haben wir nur einige Versuche in der Art ausgeführt, dass wir mit der Hand jede zweite Secunde einen schwarzen Pappstreif mit solcher Geschwindigkeit vorbei bewegten, dass das Auge etwa so lange beschattet blieb, wie das eines daneben stehenden Menschen, wenn er das Lid senkte. Ein unter diesen Umständen in 3 Min. bei sehr trübem Lichte erhaltenes Optogramm war nicht merklich von den früheren, ohne alle Intermittenz in derselben Zeit gewonnenen, verschieden. Ebenso fiel ein Versuch mit dem Uhrwerke aus, als wir damit jede Secunde einen Streifen von 5 Ctm. Breite, 20 Ctm. von der Axe entfernt, vor der Cornea vorüberziehen liessen.

Nach diesen Erfahrungen bleibt es am gerathensten von den Lebensgewohnheiten, welche das Sehen der Thiere begleiten, abzusehen und die Frage rein experimentell zu behandeln, indem man die Zeiten und den Rhythmus herausprobirt, bei welchen der Sehpurpur in der lebenden Netzhaut trotz der Belichtung erhalten bleibt. Da dies nur durch eine sehr grosse Versuchsreihe möglich ist, und Herr Dr. *Ayres*, der uns schon bei der

vorstehenden sehr wirksam unterstützte, darüber bald weitere Mittheilungen wird geben können, beschränken wir uns auf die Anführung des Folgenden.

An einem der wie gewöhnlich trüben Tage, wo die Lichtintensität wieder so war, wie bei der überwiegenden Mehrzahl der Aufnahmen, wo also in 15 Sec. ein angedeutetes Bild, in 45 Sec. ein dem Stadium II entsprechendes erhalten wurde, exponirten wir noch einmal in derselben Weise, wie früher, so dass jede Belichtung $^1/_4$ Sec., jede Beschattung $^3/_4$ Sec. dauerte. Das erste Auge erhielt 45 Sec. Licht, das zweite 22,5 Sec.; die ganze Versuchsdauer betrug demnach je 3 Min. und $1^1/_2$ Min. Das zweite Auge wurde sofort höchstens $^1/_4$ Min. nach dem ersten eingestellt, das Thier unmittelbar darauf getödtet und die Augen mit grosser Eile in Alaun gebracht. Jetzt waren beide Retinae völlig unverändert, von Dunkelnetzhäuten gar nicht zu unterscheiden. Für das verwendete Licht mittlerer Helligkeit war also die eingehaltene Intermittenz die richtige, um die normale Entstehung des Bildes aufzuheben, oder die gewöhnliche kräftige Anfangsbleichung zu verwischen, was nur der Regeneration zugeschrieben werden kann.

Noch wirksamer erwiesen sich zwischen die Belichtung eingeschobene Beschattungen längerer Dauer. Wir verschlossen an der Scheibe eins der Diaphragmen, so dass unter sonst gleichbleibenden oder selbst günstigeren Verhältnissen die Belichtung statt der Hälfte nur $^1/_4$ der Versuchszeit dauerte und auf $^1/_4$ Sec. Belichtung je $^3/_4$ Sec. Beschattung folgten. Das erste Auge wurde bei besserem Lichte, als im vorigen Versuche, 8 Min. exponirt, also 2 Min. belichtet, das zweite in 2 Min. während 30 Sec. insolirt. Im ersten Auge zeigte sich eine äusserst schwache Andeutung eines hellen Streifens auf der Fläche, nicht in der Sehleiste, rosenfarben und so kurz, dass nur die Spur eines Bildes zu ahnen war. Im zweiten Auge war gar keine Veränderung zu bemerken.

Schliesslich wurde der Ausschnitt des einen Diaphragmas noch auf die Hälfte reducirt, so dass $^{7}/_{8}$ Sec. Dunkelheit mit $^{1}/_{8}$ Sec. Licht abwechselten. Der Versuch dauerte eine volle Stunde, die Retina erhielt (wieder bei recht günstigem Himmel) demnach Licht während der enormen Zeit von $7^{1}/_{2}$ Min. Dennoch bestand das Optogramm aus nur zwei rosafarbenen, sehr kurzen Streifen oder Flecken.

---

Erwägt man, mit welcher Geschwindigkeit der Purpur im lebenden Auge des Säugethieres bleicht und mit welcher Langsamkeit er beim Frosche intra vitam schwindet, erwägt man ferner, wie gross in dieser Hinsicht die Differenz zwischen der isolirten und der im lebenden oder überlebenden Froschauge befindlichen Netzhaut, wie klein sie beim Kaninchen ist, so scheint im Auge des Warmblüters von Indolenz des Purpurs kaum die Rede sein zu können und wenn man nicht die ungereimte Annahme machen will, dass der Regenerationsprocess beim Frosche mit trägem Stoffwechsel, kräftiger und schneller arbeite, als beim Warmblüter, wo die meisten chemischen Umsetzungen in viel kürzerer Zeit verlaufen, so erwecken die Thatsachen zunächst nicht grade Vertrauen zur allgemeinen Gültigkeit der vom Froschauge erschlossenen Processe. Dennoch sind dieselben maassgebend und es bleibt nur das Eine z. Zt. auffällig, dass die Kaninchennetzhaut nach totaler und kurze Zeit bestandener Purpurbleiche gegen 35 Min. und mehr Lebenszeit gebraucht, um wieder auf den alten Stand zu kommen. Immerhin ist diese Zeit kürzer, als beim Frosche und es wird die zeitliche Differenz der Lebensbleiche deshalb auf eine grössere Lichtempfindlichkeit der purpurnen Schicht, welcher der Regenerator trotz grösserer Leistungsfähigkeit nicht gewachsen ist, zurückzuführen sein.

Die nächste Annahme, zu welcher die unbefangene Ueber-

legung greift, dass der Purpur der Säuger ein anderer, lichtempfindlicherer chemischer Körper sei, als der des Frosches, liess nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen im Stich, denn im gelösten Zustande zeigte er davon nichts. Wir haben möglichst gleich gefärbte Purpurlösungen vom Frosche, dem Rinde und dem Kaninchen in demselben Lichte gehalten in nicht merklich verschiedener Zeit ausbleichen und die Lichtbleiche in der isolirten Retina des Kaninchens nur um so viel schneller verlaufen sehen, als es nach der Längendifferenz gegenüber den Stäbchen des Frosches, d. h. wegen der geringeren Dicke der Purpurschicht zu erwarten war. Von welchem Einflusse dies sei, bedarf keiner Erörterung; wir haben es auch direkt an dem langsameren Bleichen der Retina einer Ratte beobachtet, wo die Stäbchen sehr lang sind und die Färbung in Folge davon so auffällig ist, wie es schon *Max Schultze* hervorhob. In der Kürze der Stäbchen ist also ein Moment gefunden, das die Vorgänge in den meisten Säugeraugen verständlicher und die Annahme verschiedener Purpurarten scheinbar unnöthig macht. Ein anderes vielleicht so nahe liegendes Moment, dass man es an erster Stelle vermisst haben wird, war in der Höhe der Körpertemperatur zu vermuthen. Dieselbe ist in der That von ausserordentlichem Einflusse, aber wir entdeckten es erst auf einem Umwege, nachdem wir die im nächsten Capitel zu beschreibende kaum merkbare Steigerung der Lichtempfindlichkeit des Froschpurpurs von + 10° bis + 37° und 38° C. in, wie ausserhalb der Netzhaut wider Erwarten bemerkt hatten. Ein Versuch am Lebenden gab erheblichere Differenzen zu Gunsten der Bluttemperatur, denn wir fanden die Retina eines im Wasserbade von 38° C. gefesselten Frosches, dessen Auge gegen den Himmel gerichtet worden, nach 15 Min. stark abgeblichen, während die des Controlthieres von 12° C. dazu mehr als 30 Min. gebrauchte. Glücklicher Weise brauchen wir uns auf diesen Versuch nicht zu berufen, denn das mikrosko-

pische Aussehen der im Leben erwärmten Retina musste Misstrauen gegen die Verwendung der Thatsache auf die vorliegende Frage und auf die Lebensverhältnisse überhaupt erwecken: die Retina war scheckig und enthielt ausser wirklich gebleichten Stäbchen ungewöhnlich viele Pseudooptogramme, wo nur Zapfen standen, während die Stäbchen im Augengrunde am Epithel sitzen geblieben waren.

Temperaturdifferenzen, die am Froschpurpur ohne Einfluss auf die Lichtbleiche waren, konnten an dem des Kaninchens Bedeutung haben. Wir erwärmten deshalb in der Weise, wie es im nächsten Capitel beschrieben wird, jedesmal neben einer Froschnetzhaut die Hälfte einer ganz frischen Kaninchenretina auf 37°,5 C. und stellten daneben eine Einrichtung auf, welche die andere Hälfte der letzteren auf 12° C. erhielt. Als die Erreichung der genannten Temperaturen anzunehmen war, wurden alle dem gleichen, sehr schwachen Lichte ausgesetzt und da ergab sich in der warmen Kaninchennetzhaut schon nach 10—15 Sec. ein starker Umschlag in Gelb, während die andere noch purpurn, nicht einmal roth war, nach 30 Sec. ein Unterschied von Roth zu hellstem Gelb, nach 45—60 Sec. vollkommenes Erbleichen im erwärmten Präparate, wo das kältere erst aus Orange in Gelb überging, das da erst in 4—5 Min. ganz verschwand. Die Froschnetzhäute veränderten sich bei dem schwachen Lichte überhaupt erst in 2 Min. zu Gelb und zeigten untereinander verglichen, kaum merkbare Differenzen. An feuchten Alaunpräparaten ergab dasselbe Verfahren ähnliche Unterschiede, von denen an ebenfalls aláunisirten Froschnetzhäuten wiederum nichts zu finden war. Die erwärmte Kaninchennetzhaut schlug hier fast augenblicklich in Gelb um, während die andere mehr als ½ Min. brauchte, um nur orangeroth, mehr als 1 Min., um gelb zu werden. Das Gelb schwand an dem verwendeten Lichte übrigens in beiden Netzhäuten nicht vollständig.

Dies Verhalten macht es mehr als wahrscheinlich, dass der Sehpurpur nicht bei allen Thieren der nämliche chemische Körper sei. Entscheidung darüber ist von Erwärmungsversuchen an Purpurlösungen verschiedener Quellen zu erwarten. Wie es verschiedene Hämoglobine giebt, so liegt in der Vermuthung für den Sehpurpur nichts Ungereimtes, um so weniger, als man ohne die Annahme schwer versteht, weshalb die Netzhautfarbe mancher Thiere selbst bei mittlerer Sättigung so viel mehr zum Violet neigt, als bei anderen. Gegentheiligen Angaben gegenüber müssen wir von neuem hervorheben, dass sich namentlich der menschliche Purpur darin auszeichnet, den wir in richtigen Dunkelaugen wenn auch gelegentlich weniger intensiv, als beim Kaninchen, nach lichtsicherer Präparation aber im ersten Anblick viel violetter, als bei jenem, gesehen haben.

Unter den Gründen der schnelleren Ausbleichung beim Kaninchen, der langsameren beim Frosche ist noch der Pupillenweite zu gedenken, denn alle neueren Versuche am Kaninchen beziehen sich auf atropinisirte Augen, während das Mittel beim Frosche bis jetzt selten Verwendung fand. Es wird über den Einfluss des Giftes am Froschauge noch manches experimentell festzustellen sein, um die optographische Methode da von Unsicherheiten zu befreien, welche bei Differenzen der Pupillenweite von 1 mm. — 3 mm., die wir an gleichmässig belichteten Fröschen sahen, nicht fehlen können, aber man darf nicht glauben, dass die am Auge lebender Frösche und Kaninchen constatirten colossalen Bleichungsunterschiede auf die Pupillendifferenzen zurückzuführen seien, da das Kaninchenauge mit engster Pupille dem weitesten Froschauge immer noch ausserordentlich überlegen ist und ein halbirtes Froschauge, das so offen ist, wie eine Schaale, noch relative Indolenz des Sehpurpurs zeigt. Vergleichungen der beiderlei Augen sind ohnehin unzulässig, weil das Bild darin bei gleicher Pupillenöffnung von sehr verschiedener Grösse und das

Licht in Folge davon auf den Netzhautelementen von entsprechend verschiedener Intensität ist.

Am Kaninchen haben wir den Einfluss der Pupillenweite besonders festzustellen gesucht, indem wir in jedem Auge ein Bild erzeugten und nur beim zweiten Atropin wirken liessen, oder indem wir beide Augen atropinisirten und einen Versuch hinter einem dicht vor der Cornea befestigten Diaphragma von 4 mm. Durchmesser, das die Wirkung einer sehr engen Pupille hatte, den andern ohne dasselbe ausführten. Unter dem optographischen Objecte fanden wir den Durchmesser der Kaninchenpupille meist = 4—4,5 mm., nach dem Atropin = 7,5 —8 mm. und die erforderlichen Expositionszeiten diesen grossen Unterschieden entsprechend veränderlich. Gefunden wurde z. B. Folgendes: Das erste Auge war vor dem Atropin 6 Min., das zweite nach der Giftwirkung 3 Min. exponirt: 1 zeigte gar kein Bild, 2 ein überexponirtes; oder es waren beide Augen atropinisirt, das erste 7 Min., das zweite hinter der künstlichen Pupille 10 Min. exponirt: 1 hatte ein stark überexponirtes Bild, 2 eins, das für vollkommen gelten konnte. Andere Versuche zeigten, dass mit der hier überall verwendeten optographischen Einrichtung auch im besten Lichte mit dem engen Diaphragma oder ohne Atropin in weniger als 5—6 Min. anhaltender Exposition kein Bild zu erzielen war. Wenn es dem Einen von uns früher gelang die ersten Lebensoptogramme am nicht atropinisirten Auge in 3—5 Min. zu erhalten, so lag dies an dem damals benutzten viel intensiveren Lichte, das nicht durch mattes Glas, welches später ohne Ausnahme die Fläche des Objectes bildete, gedämpft worden.

Hiermit schliessen wir die Mittheilung der ersten ausgedehnteren Erfahrungen über Aenderungen der Retinafarbe durch weisses Tageslicht ab, in der Meinung, dass die Fortsetzung der Versuche erst Erfolge verspricht, wenn man die Intensität des

Lichtes beherrschen und bestimmen kann. Eher dürften manche Fragen, die bis jetzt unberührt bleiben mussten, wie z. B. die von der photochemischen Induction, nicht in lohnender Weise in Angriff zu nehmen sein.

### Vom Einflusse des farbigen Lichtes auf den Sehpurpur des lebenden Auges.

Am Schlusse des ersten Capitels wurde kurz erwähnt, dass die Belichtung des lebenden Froschauges mit monochromatischem Lichte des Spectrums Veränderungen erzeugte, welche identisch mit den von uns an der isolirten Netzhaut auf gleiche Weise erhaltenen waren. Da diese unsere Angabe, die wir nach sehr zahlreichen weiteren Versuchen im ganzen Umfange, mit grösster Bestimmtheit vertreten, in ausgeprägtem Widerspruche zu den Angaben *Boll*'s über denselben Gegenstand steht, sind wir genöthigt genauer darauf einzugehen.

Wir fanden nur ein Mittel, um die Ausbleichung intra vitam durch spectrales Licht, das naturgemäss nur von geringer Intensität sein kann, zu erzielen, indem wir mit oder ohne eingeschaltete zweite Linse den Schnittpunkt der Strahlen so nahe vor das Auge des fixirten Frosches fallen liessen, dass die Strahlen im Auge parallel wurden oder etwas divergent die Retina erreichten. Um vor dem Uebergreifen benachbarter Strahlen sicher zu sein, wurde der Frosch hinter einen besonderen Spalt gerückt, der nur die gewählte Farbe durchliess. Jede andere Art spectraler Belichtung, indem man den Frosch z. B. ohne Umstände an irgend welcher Stelle eines sehr grossen Spectrums befestigte oder auf eine Fläche legte, die vom Bildspalte ein breites Büschel divergenten einfarbigen Lichtes erhielt, verfehlte den Zweck: die Intensität reichte dann auch im wirksamsten Gelbgrün nicht hin.

Unser Verfahren erzeugte auf der Netzhaut ein Optogramm, und wie dieses beim Frosche zu erhalten sei, welche Schwierigkeiten dazu zu überwinden waren, wurde bereits in einer be-

sonderen Abhandlung (Heft 3. S. 225) erörtert; was dort für diffuses Tageslicht angegeben worden, galt in gleichem Maasse für die Bilder farbiger Objecte: es musste auch hier die Exposition lange dauern und es musste in allen Fällen für die Ablösung der Netzhaut von dem festhaftenden Epithel durch Anwendung des Curareödems gesorgt werden; nach rother Belichtung war das Mittel nicht einmal ausreichend, obwohl wir diese mit dem Spectrum zu Veränderungen der Netzhautfarbe niemals intensiv genug erhielten. In diesem Falle mussten die ödematösen Frösche sogar in einem Bade von etwa 35° C. gehalten werden, um die Retina aus dem Auge rein herausnehmen zu können.

Der Widerspruch unserer Befunde zu denen *Boll*'s liegt in 2 Punkten. *Boll* giebt an, er habe durch das mit einem *Merz*schen Prisma aus schwerem Flintglas (das wir auch verwendeten) erzeugte Spectrum dieselben Resultate, wie mit farbigen Gläsern erhalten, also abgesehen von eigenthümlichen, neu aufgetretenen Nuancen, die noch zur Erörterung kommen, auch dieselben zeitlichen Differenzen in der Wirkung der Einzelfarben. Mit blauen Kobaltgläsern wurde ganz so, wie es der Eine von uns für reines blaues Licht, welches durch Kupferoxydammoniak gegangen war, gefunden hatte, die schnellste Ausbleichung erzielt; wir fanden aber beim spectralen Blau das umgekehrte Verhalten und zwar nicht nur an der isolirten Netzhaut, sondern auch an der intra vitam belichteten, wenn wir die Wirkung mit der des Grün und Gelbgrün verglichen. Da blaue Kobaltgläser ausserordentlich viel Roth durchlassen, haben wir nicht versäumt mit Spectralfarben zu untersuchen, ob die Beimengung dieses Roth die Wirkung des Blau unterstützen könne, aber es wurde keine Andeutung davon gefunden und da Kupferoxydammoniak, ausser dem Blau, das Violet wenig absorbirt, wurden auch Versuche mit Mischungen aus spectralem Blau und Violet angestellt, die ebenso wenig Verstärkung der Wirkung

oder keine andere, als die in der Intensitätzunahme begründete, ergaben. Somit bleibt für die zwischen beiden Methoden bestehende Differenz keine andere Deutung, als die an sich einleuchtende übrig, dass das blaue Spectrallicht beträchtlich weniger intensiv ausfällt, als das durch Absorptionsmittel zu erzielende, und dass grünes oder gelbgrünes, durch Absorption erhaltenes Licht, wenn es einigermaassen rein ist, dem ebenso erhaltenen blauen an objectiver Intensität nachsteht. Im Brechungsspectrum ist dies umgekehrt und im Interferenzspectrum auch noch in dem Maasse der Fall, dass das Blau bezüglich seiner Wirkung auf Sehpurpur unter allen Umständen dem Grün und Gelbgrün nachsteht[1]).

Der zweite Punkt, wo unverträgliche Resultate zu reimen sind, liegt in der angeblichen specifischen Aenderung der Retinafarbe. Allerdings sind die ersten Aussagen darüber (Monatsber. d. Berl. Acad. Jan. 1877), welche allgemein den Glauben erregten und erregen sollten, dass der Sehpurpur nichts Geringeres als die Lösung des sog. Problems farbiger Photographieen und des uralten Räthsels von den Qualitäten der Empfindung verspreche, allmählich stark und so weit abgeschwächt, dass es dem Einzelnen überlassen bleibt zu entscheiden, wie viel oder wie wenig sich von den ersten Träumen verwirklicht habe; wir glauben aber gerade desshalb keiner Zweideutigkeit mehr Raum lassen zu dürfen und stellen darum gleich das Resultat unserer Erfahrungen an die Spitze der Darstellung. Es lautet:

---

[1]) Im soeben exstirpirten Kaninchenauge wurde das gelbgrüne und grüne Spectrallicht dem blauen ebenfalls überlegen gefunden. Das albinotische Auge war im Dunkelzimmer hinter dem Fernrohrocular eines gewöhnlichen Spectralapparates so befestigt, dass man ein gutes kleines Bild des vom directen Sonnenlichte erzeugten Spectrums durch die Sklera scheinen sah. Auf dieser wurden mit Tinte, so gut es ging, die Grenzen der Farben bezeichnet, um sich nachher im Optogramm orientiren zu können. Wir fanden nach Exposition von 6—8 Minuten eine Ausbleichung, welche erst hinter dem Gelb begann und vor dem Blau endete.

1. In der isolirten, wie in der lebenden Netzhaut giebt es nur **ein farbiges** Zersetzungsprodukt des Sehpurpurs, das Sehgelb und das Verhältniss des Sehgelb zum Purpur bedingt die Nuancen der Retinafarbe nach der Einwirkung des Lichtes.

2. Wo das Sehgelb so schnell oder schneller zersetzt wird, als der Sehpurpur, wird die Netzhaut rosa oder lila; wo das Umgekehrte stattfindet, roth, orange, chamois oder gelb.

*Boll* beschreibt und bildet ab 3 Farben der Netzhaut, die rein rothe, als der Dunkelretina zukommend, die purpurne, von tiefem Purpur bis Lila, als durch Wirkung der rothen, grünen und blauen oder violetten Strahlen, die orange bis gelbe, durch gelbes bis gelbgrünes Licht entstanden. Alle diese Farben können aus Sehpurpur und Sehgelb unter passender Verdünnung durch Mischung hergestellt werden, und unsere Beobachtungen über die wirkliche Aenderung, welche Licht verschiedener Wellenlängen erzeugt, würden als thatsächliche Grundlage der obigen Sätze vollkommen mit *Boll*'s Angaben vereinbar sein, wenn nicht gegen deren Beziehung zu den Belichtungsfarben und gegen die Bezeichnung der Dunkelfarbe oder Grundfarbe Widerspruch zu erheben wäre.

Hinsichtlich der Dunkelfarbe müssen wir auf Cap. I und II verweisen und hier vorausschicken, dass die folgenden Thatsachen grade so unverständlich bleiben würden, wie die von uns über die Aenderungen der isolirten Retina gefundenen, wenn man sich nicht überzeugen kann, dass die Retina v o r aller Lichtwirkung p u r p u r n ist.

Wir beginnen mit der Frage nach der Wirkung des rothen Lichtes. Rothes Licht, das kein brechbareres, über die Linie C hin vorkommendes enthält, bleicht den Purpur bei bedeutender Intensität langsam, aber zweifellos und vollkommen, im Leben

wie postmortal. Es wird aber behauptet, dass es (geringere Intensität vorausgesetzt) auch das Entgegengesetzte thue, dass es die Netzhautfarbe, wenigstens intra vitam, verstärke oder vertiefe, und dass es die normale Grundfarbe, die von der ungeheuren Mehrzahl der Ophthalmologen für Roth gehalten und ohne Zweideutigkeit ausdrücklich dafür erklärt wird, so dass Niemand von Denen, welche sich der Bezeichnung bedienen, sagen kann, er habe die Purpurfarbe nicht geläugnet, in Purpur oder in Braun umwandle. Das Braun betreffend, würden wir jedes Wort für überflüssig halten, wenn nicht *Boll* sehr bestimmt angäbe, dass es nicht nur an der gesammten Netzhaut, sondern auch an den einzelnen, durch die Längsaxe gesehenen Stäbchen ohne Zuthun des in die Stäbchenschichten reichenden epithelialen Pigmentes deutlich erkennbar sei und wenn nicht *Donders* (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Beilageheft. XV. Jahrg. S. 155) die Farbe der menschlichen (Dunkel-) Netzhaut damit charakterisirt hätte, dass sie mehr bräunlich sei. Da wir nicht annehmen dürfen, dass *Donders*, der die Netzhaut auch für roth, nicht für purpurn hält, das Haften braunen oder schwarzen Epithelpigmentes, das an jeder Thiernetzhaut vorkommen kann, bei dieser Gelegenheit für erwähnenswerth gehalten habe, bleiben Bestätigungen seiner Angabe für den Menschen abzuwarten; wir haben bisher in keinem menschlichen Auge etwas ihr entsprechendes gesehen und nehmen fast Anstand zu sagen, dass uns einzelne menschliche Retinae vorgekommen sind, die da bräunlich waren, wo das Mikroskop zwischen den Stäbchen Pigmentkörnchen zeigte. Die braune Nuance an anderen, davon freien Präparaten zu sehen, hatten wir keine Gelegenheit.

In nicht zu intensivem rothen Lichte gehaltene Frösche liefern ausserordentlich dunkle Netzhäute, aber es liegt dies daran, dass ihr Purpur unverändert ist, während sehr viel schwarzes Pigment auf den Stäbchen liegt oder zwischen ihnen

steckt. Das Epithel haftet hier noch fester an der Stäbchenschichte wie nach dem Aufenthalte im gemeinen Lichte, und lässt das Pigment namentlich so massenhaft bis zum Beginn der Innenglieder vortreten, dass die Combination des Curareödems mit Erhöhung der Lebenstemperatur, wie schon erwähnt, nöthig wird um die Retina rein abziehen zu können. Ist dies geschehen, so ist eine solche Retina von einer dunkel gehaltenen nicht zu unterscheiden. Da gegen die Art der Lockerung einige Bedenken zu erheben sind, schon weil das Oedem, in der höchsten Entwicklung wenigstens, bei Dunkelfröschen merkliches Ablassen der Retina erzeugt, so haben wir die Färbung ohne das Mittel untersucht, indem wir wenigstens stellenweise das Epithel von den Stäbchen abschabten, was in ausreichendem Maasse gelang. Dann sahen sie, von hinten und in senkrechter Stellung gesehen, genau so aus, wie bei Dunkelfröschen, prächtig purpurn und ohne jede Spuren von Braun. Nur wo das Präparat nicht gut erhalten, die Stäbchen verbogen oder unordentlich lagen, so dass keine reine Ansicht zu gewinnen war, konnte man auf den Gedanken kommen, sie für bräunlich zu halten; man muss aber nicht vergessen, wie viel Pigment auch an den abgeschabten Stellen in der Tiefe zwischen den Stäbchen zurückbleibt, nachdem die Epithelzellen mit Verlust ihrer Fortsätze entfernt worden. Ueber die Frage, ob etwas Braunes oder Schwarzes in den Stäbchen durch rothe Belichtung entstehe, dürfte hiernach entschieden sein; das Object reicht dazu vollkommen aus und antwortet: „Nein." — Anders lag die weitere Frage, ob die Netzhautfarbe durch Rothbelichtung sich vertiefe, indem die Stäbchen purpurreicher werden. Wir können nicht darüber verhandeln, ob die Behauptung, dass rothes Licht sogenanntes Sehroth in Sehpurpur wandle, richtig sei oder nicht, und geben derselben die eben gewählte Form, in der sie Sinn hat, denn wir haben vollkommen Musse die Vertreter der Ansicht, dass die Farbe der Dunkelretina nicht purpurn sei, zu

besserer Einsicht gelangen zu sehen und denken nicht pessimistisch genug, um für den Fortschritt der Optochemie zu fürchten, wenn es lange dauert. Es handelt sich also nur darum, ob das rothe Licht mittlerer oder schwacher Intensität die Entstehung des Purpurs beeinflusse oder die Rhodogenese begünstige, vielleicht noch mehr, als es die Dunkelheit thut. In diesem Punkte waren Verschiedenheiten des Verhaltens zwischen der isolirten Retina und der im Leben beeinflussten, richtiger gesagt der epithelfreien und der epithelführenden Netzhaut, denkbar.

Bei den Fröschen wechselt der Purpurgehalt der Stäbchen von einem Individuum zum andern zu sehr, als dass wir hoffen konnten, auf dem bisherigen Wege der Vergleichung am Dunkelfrosche und an den Rothfröschen Sicheres zu erreichen, und welche Mühe es machte, die Beobachtung an den beiden Augen desselben Thieres durchzuführen, wussten wir von unseren Versuchen über einseitige Ausbleichung, die uns keine geringe Meinung von dem Geschicke des Frosches sich von einem lästigen Verbande zu befreien, hinterlassen hatten. Einige Vorversuche an Curarefröschen, deren eines Auge zum Himmel gegen rothes Glas gerichtet worden, während das andere mit etwas Dunklem zugedrückt worden, ergaben nichts in Bezug auf die gesuchte Differenz. So blieb wieder nur die optographische Methode übrig. Das Object bestand in dem mehrerwähnten matten Glasverschlusse unseres Lichttrichters, der jetzt zur einen Hälfte mit einer schwarzen, zur anderen mit einer rothen Tafel bedeckt wurde, nachdem die früher benutzten schwarzen Streifen fortgenommen waren. Um ohne Umstände zu erfahren, welche Hälfte der Retina die belichtete gewesen, und ob die andere durch richtiges Unterlegen des Frosches dem Lichte wirklich entzogen worden, wurde die schwarze Hälfte des Objectes unweit der rothen Grenze mit einem Ausschnitte vor 5 □Ctm. versehen, den wir wegen der

in Aussicht zu nehmenden langen Exposition zuweilen mit mehreren Stücken farblosen matten Glases bedeckten. Der Erfolg fiel schlecht genug aus, insofern die Netzhaut, je nach der Witterung 30—120 Min. exponirt, vorwiegend auf einer Seite von schwarzem Epithel bedeckt zum Vorschein kam, so dass ihre beiden Hälften erst nach dem Abschaben einer Stelle zu vergleichen waren. Nach Expositionen von 30—40 Min. war von Differenzen nichts zu bemerken, das kleine Optogramm des Ausschnittes gut zu sehen. War viel länger exponirt, so war das letztere oft diffus und zu gross, und das Epithel haftete auch auf seiner Seite in grösserer Ausdehnung. Bis hierher war zwar Curare, kein Oedem verwendet, wir sahen aber, dass auch dieses nicht genügte, als wir es hinzunahmen, und mussten, um reine, epithellose Netzhäute zu bekommen, noch zur Erwärmung greifen, indem wir die Frösche unter der Oberfläche eines sehr grossen Wasserbades von 30—35° C. so befestigten, dass hauptsächlich das Auge über dessen Niveau herausragte. So wurden nach der Einwirkung guten Tageslichtes in 30—45 Min. einige ziemlich scharfe, kleine Optogramme des quadratischen Objectes erhalten, aber auf ganz gleichmässigem, zu beiden Seiten hellpurpurnem oder rosafarbenem Grunde. Wo das Optogramm diffus geworden, war seine nächste Umgebung mehr orange oder chamois und in diesen Nuancen nicht verschieden, wo der Hof über die dem Objecte entsprechende Grenze von Roth und Schwarz hinüberreichen musste. Wir haben nach manchen derartigen Versuchen die Ueberzeugung gewonnen, dass das Curareödem mit der Erwärmung combinirt zu Irrthümern führen kann und dass unser aus früheren Erfahrungen (s. oben) dagegen gefasstes Misstrauen gerechtfertigt war, denn wir fanden die Retina hier oft so blass, dass überhaupt keine Entscheidung irgend welcher Art getroffen werden konnte.

Da mit dem Frosche nicht zum Ziele zu kommen war,

gingen wir zu Versuchen am Kaninchen, wo die Sache zugleich grösseres Interesse bot, über. Die eine Hälfte des optographischen Objectes wurde senkrecht zur Richtung seiner Streifen mit rothem Glase bedeckt, das Kaninchen, wie früher angegeben, mit dem Corneascheitel unter den Mittelpunkt des gesammten Objects gerückt, jetzt aber so, dass das Bild der Streifen mit der Sehleiste parallel auf die Netzhaut fiel. Wie das Experiment auch modificirt werden mochte, haben wir ohne Ueberexposition die rothbelichtete Netzhauthälfte niemals mit Streifen tieferen und helleren Purpurs durchzogen gefunden und keinen Unterschied in der Purpurfarbe in der in die bildfreie Netzhauthälfte hinübergedachten Verlängerung der Optogrammstreifen zu entdecken vermocht, wie es hätte der Fall sein müssen, wenn das rothe Licht den Purpur verstärkte. War überexponirt und das Licht intensiv genug gewesen, so hatte auch das Roth etwas zersetzend gewirkt und man sah deutlich, dass die Streifen des schwächeren Bildes, welche weniger purpurn, mehr rein roth oder orange waren, nicht den schwarzen des Objectes, sondern den lichtgebenden rothen entsprachen, denn sie bildeten im Optogramm die Fortsetzung von den breiten weissen Streifen der schwarzweissen Objecthälfte.

Um das rothe Licht möglichst lange ohne daneben stehendes weisses, dessen Wirkung nach längerer Exposition diffus über das dem ersteren bestimmte Netzhautareal fallen musste, ins Auge gelangen zu lassen, wurde dasselbe einfach mitten unter die zur Hälfte schwarz und roth gedeckte Lichtöffnung gestellt und je nach der Beschaffenheit des Tageslichtes verschieden lange, in einem Falle eine Stunde exponirt. Die mittlere Grenze fiel jetzt senkrecht zur Sehleiste auf den Augengrund. Indem wir die alaunisirte Retina, wie immer nach dem Ausbohren der Papille, glatt über ein winziges Porzellanschälchen, mit der Rückfläche nach oben, ausbreiteten, war durch die Lage des Papillen-

loches und des davon abgehenden Streifens der markhaltigen Nerven über dem Horizonte ohne Umstände zu bestimmen, welche Netzhauthälfte die nasenwärts und welche die ohrenwärts gelegene sei. Nach diesen Versuchen besonders haben wir keinen Zweifel mehr, dass das rothe Licht, wenn es überhaupt wirkt, niemals andere Veränderungen der Netzhautfarbe erzeugt, als das weniger brechbare Licht im Allgemeinen, d. h. den Purpur in Sehgelb verwandelt, und rothe bis orange und gelbe Nuancen hervorbringt, welche sehr langsam zum gänzlichen Verluste der Farbe führen. Wo überhaupt Farbendifferenzen auf den beiden Netzhautseiten bestanden, die wir von ganz unbefangenen Personen constatiren liessen, ergab die Orientirung auf der Fläche immer, dass es die dunkel gehaltene, der ungleichnamigen schwarzen Seite des Objectes entsprechende Hälfte war, deren Purpur am wenigsten zum Roth neigte. Zu der ganzen Versuchsreihe mag noch des Motivs gedacht werden, das die Benutzung des Kaninchenauges anrieth und das im wesentlichen in dem Vortheile bestand, den das Alaunverfahren hier wieder gewährte, nämlich unter allen Umständen gänzlich epithelfreie Netzhäute zu liefern, die vom Frosche ohne eingreifende Aenderungen intra vitam nicht zu bekommen waren.

Der Gedanke, dass an der *Boll*'schen Angabe über Verstärkung der Netzhautfarbe durch rothes Licht etwas richtiges sein könne, wurzelte in der schon erwähnten Betrachtung, dass die Rhodogenese oder die Regeneration durch dieses Licht begünstigt werde, weil diese Processe, besonders der letztere, so lange erheblich wirksamer sind, als noch Reste von Purpur in den Stäbchen stecken und neben etwas violettem Licht, nach der Bildung von Sehgelb ohne dieses sogar, nur dem rothen Zugang zum Epithel gestatten. Desshalb sind wir bei dem bisher Erledigten nicht stehen geblieben, sondern haben noch einige Versuche über Regeneration im rothen Lichte angestellt. Wenn irgend

etwas richtiges an der Hypothese war, so musste die Regeneration oder die Rhodogenese an den helleren Stellen eines Optogrammes schneller erfolgen in mässigem rothen Lichte, als in der Dunkelheit. Dies war möglich trotz der vorliegenden Thatsachen, weil gänzlicher Lichtmangel möglicherweise immer ein nicht mehr zu überschreitendes Maximum an Purpur für die Stäbchen schafft, während sehr gedämpftes rothes Licht die Erreichung desselben vielleicht beschleunigte.

Es wurde ein Optogramm durch Exposition von 3 Min. erzeugt, und gleich darauf an Stelle der schwarz-weiss gestreiften Objecttafel die rothe und schwarze gelegt, worunter das Kaninchen noch 30 Min. verweilte. Die Regeneration wurde hierauf sehr merklich gefunden, insofern die hellen Streifen des Bildes nicht mehr weiss, wie sie es nach der Lichtstärke gewesen sein mussten, sondern rosa waren. Zwischen den beiden Hälften des Bildes fand sich keine grosse Differenz. Ein anderes Optogramm, in derselben Expositionszeit bei noch besserem Lichte entstanden und 40 Min. intra vitam unter Roth und Schwarz gelassen, bestand noch vollkommen kenntlich auf der Netzhaut, aber die Differenz seiner beiden Hälften war so gross, wie die der beiden Netzhauthälften überhaupt, indem die eine rein roth bis orangeroth, die andere prächtig purpurn war. Die erstere Hälfte entsprach der im rothen Lichte regenerirten, und hier war das Optogramm unzweifelhaft deutlicher, die Farbe der hellen Streifen viel heller und mehr chamois, als auf der andern Seite, jenseits der Farbengrenze der ganzen Fläche, wo sie gut rosa war, während die dunklen Bildstreifen im Gegensatze zu denen der gegenüberliegenden Seite brandroth aussahen.

Es geht aus dieser letzten Versuchsreihe hervor, dass man dem rothen Lichte auch nicht die Bedeutung eines Reizes für die Regeneration oder für die Rhodogenese, wohl aber die wichtige negative Eigenschaft zuschreiben darf, diese Processe

nur sehr unwesentlich zu hindern. Unter geringeren Intensitäten, als den zu unsern Versuchen nöthigen, meinen wir daher wohl Zustände annehmen zu können, wo die Regeneration darin nicht schlechter verläuft, als in absoluter Dunkelheit, und dies wird der Grund sein, weshalb bei recht schwachem weissem Lichte, von dem nur die rothen und die ausserordentlich wenig intensiven violetten Strahlen durch die Stäbchen zum Epithel gelangen, die Retinafarbe grade so gut bleibt, wie im Dunkeln. Man braucht nur an das Sehen der Eule in der Dämmerung zu denken, um sich vorzustellen, wie gut da in den langen Stäbchen bei andauerndem Gebrauche das Gleichgewicht zwischen Purpurzersetzung und Wiederbildung erhalten bleiben kann.

Ueber die Wirkung der übrigen Farben haben wir unserer kurzen Bemerkung (Heft 2, S. 101) wenig hinzuzufügen: wir fanden dasselbe, was an der isolirten Netzhaut beobachtet wird, dass sie um so mehr das Sehgelb neben oder vor dem noch vorhandenen Purpur ausbleichen, je brechbarer sie sind. Rothe, orange, gelb oder chamois aussehende Netzhäute werden deshalb im Leben unter gefärbten Gläsern oder Lösungen am leichtesten hervorgebracht durch gelbes, gelbgrünes und grünes Licht, aber die Erscheinung ist intra vitam niemals von der Deutlichkeit, wie an isolirten Netzhäuten, weil dem Sehgelb so lange durch den Regenerator immer wieder Purpur zugemischt wird, als noch etwas Farbiges in den Stäbchen übrig geblieben ist. Man würde darum von der lebend belichteten Netzhaut noch weniger, als von der isolirt und epithellos verwendeten nach dem Aussehen sagen können, welchem Lichte sie ausgesetzt war, oder wenn man es thäte, nichts anderes sagen, als was man von jeder für alle Farben bis zum Roth sensibilisirten photographischen Platte sagen kann, wo man behaupten würde, hier war blau, dort grün belichtet, wenn man die Expositionszeit kennt oder erschliessen kann, worin Niemand eine Annäherung an die Herstellung sog.

farbiger Photographieen erblicken wird. Bei der Netzhaut sind aber solche Aussprüche nach intra vitam geschehenen Veränderungen auch in der unschuldigeren Form eines Resumé's besonders unzulässig, weil man z. B. ein helles Lila finden kann, das Der, den man beim Worte nimmt, durch blaues oder violettes Licht entstanden erklären muss, während die Retina eben so gut von einem sehr intensiv roth belichteten Frosche stammen kann, der nach totaler Bleichung $^1/_2$ Stunde im Dunkeln zubrachte und die ersten Spuren von Purpur wieder ansetzte.

Wie rothes Licht keine braune Nuance des Sehpurpurs erzeugt, so bringt andersfarbiges auch keine grauen oder schmutzigen Töne hervor. Wohl kann die ganze Netzhaut graugelb oder grauviolet werden, aber es ist dies immer die Folge zwischen die Stäbchen gelagerten Pigmentes, nie eine den Stäbchen oder deren Purpurresten selbst zukommende Nuance. Unten wird gezeigt werden, wie man sich darüber Sicherheit verschafft.

Beim Frosche wären Aenderungen der Gesammtfarbe der Retina durch farbiges Licht denkbar, ohne dass gerade der Purpur seine Nuance änderte, indem das Verhältniss oder die Vertheilung der grünen Stäbchen andere würden. Wie wir sehen, sind die ersten Angaben über Vermehrung der grünen Stäbchen durch farbiges Licht wieder aufgegeben; wir können uns daher eingehenderer Mittheilungen über diese Gebilde, welche wir vorhatten, bei jetziger Gelegenheit enthalten. Nur das Eine sei erwähnt, dass es eine Art die Retina zu betrachten gibt, bei welcher von den grünen Stäbchen nichts zu sehen ist. Wird die Froschretina mit der Vorderseite gegen das Deckglas gelegt, vollkommen glatt ausgebreitet, ohne Druck untersucht, so erhält man das (Heft 3, S. 235) beschriebene zierliche Bild der aus den Stäbcheninnengliedern gebildeten Mosaik, nach etwas tieferer Einstellung das des Anfanges der Aussenglieder. In diesem

Muster sind keine anderen, als purpurne oder graue bis schwarze Setzstücke zu bemerken, niemals grüne, und wenn man das Object an geeignetem Lichte, das die grüne Farbe möglichst schont aber den Purpur entfärbt, besieht, so kommen nur ganz helle, farblose Stücke an Stelle der gewöhnlichen Stäbchen neben den erwähnten grauen und dunkleren, den Zapfen entsprechenden zum Vorschein. Wenn man dieses Bild vor oder nach der Bleichung aufmerksam durchmustert, findet man es nicht ausschliesslich aus den eckigen Stücken, die den Innengliedern der Stäbchen und Zapfen entsprechen, zusammengesetzt, sondern noch aus kleinen, glänzenden, kreisförmigen, deren Durchmesser nicht $^1/_4$ von dem der Stäbchen beträgt, und diese Stücke ersichtlich in der Weise und Anzahl zwischen die übrigen vertheilt, wie man die grünen Stäbchen beim Anblicke von der Epithelfläche zwischen die purpurnen gesetzt findet. Dasselbe Bild haben wir bis jetzt nur von der Retina der Kröte, welche auch grüne Stäbchen besitzt, erhalten, nicht von der des Erdsalamanders, die sie nicht enthält. Hiermit scheint uns über die von *Boll* aufgeworfene Frage, ob die grünen Stäbchen identisch mit den von *Schwalbe* entdeckten, auch von *W. Müller* (Beitr. z. Anat. u. Physiol. *C. Ludwig*, gew. Festgabe Hft. 2. Leipzig, 1875) beschriebenen eigenthümlichen Stäbchen mit kurzem Aussengliede, deren Innenglied in Gestalt eines langen Fadens nach vorn geht, identisch seien, entschieden und das Bild der kleinen Kreise, das jenem Faden entspricht, (vergl. *Schwalbe*, Handb. d. g. Augenheilk. v. *Gräfe* und *Sämisch.* I. S. 406) richtig gedeutet. Da *W. Müller* die genannte Stäbchenart bei Salamandra mac. nicht fand, so stimmt auch das Fehlen jener Kreise in der Salamandernetzhaut zu unserer Auffassung. Dass man an der Stelle der den Stäbchenfäden entsprechenden Kreise nichts von der grünen Farbe der Aussenglieder erkennt, zeigt, wie vollständig sich die Innenglieder der benachbarten Elemente um den Faden zusammendrängen.

**Veränderungen der Stäbchen durch Licht.**

Im Leben werden einige leicht bemerkbare Veränderungen an der Retina durch Belichtung erzeugt, welche nicht direkt den Purpur betreffen und z. Th. vielleicht überhaupt in keiner Beziehung zu dessen photochemischer Zersetzung stehen. Wir erwähnen ihrer, weil sie für die Chemie des Sehens vermuthlich bedeutungsvoll sind.

Es gibt eine sehr auffällige Veränderung an der Form der Stäbchen, welche sich kurz dahin zusammenfassen lässt, dass kräftige Belichtung von genügender Dauer sie verdickt, quellen macht, Dunkelheit sie wieder zum Schrumpfen bringt und im Querdurchmesser verkleinert.

Genauere Beobachtungen hierüber, welche Herr stud. med. *F. v. Hornbostel* aus Wien im hiesigen Laboratorium anstellte, ergaben Folgendes:

Nimmt man die Retina eines Dunkelfrosches aus dem Bulbus heraus und bringt sie so unter das Mikroskop, dass man die Aussenglieder der Stäbchen von oben sieht, so erscheinen diese bekanntlich als kreisförmige Scheiben, die nicht dichtgedrängt, sondern in geringen Abständen von einander liegen. Die Durchmesser der einzelnen Stäbchen sind nicht gleich gross, sie schwanken zwischen 0,006 bis 0,007 mm. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stäbchen schwanken von 0,0005—0,0008 mm.; hie und da finden sich noch grössere Zwischenräume, welche den Stellen entsprechen, wo Zapfen in der Tiefe liegen. Es nehmen somit beim Dunkelfrosche Stäbchen und Zwischenräume den Platz von 0,0065—0,0078 mm. in Anspruch, und wenn das Präparat in einer der sehr kleinen feuchten Kammern, die wir anwenden, einigermaassen kühl gehalten liegen bleibt, so ändert sich darin nichts in der langen Zeit, die bis zum Zerfallen und dem Auftreten der bekannten cadaverösen, unregelmässigen Quellungsformen vergeht, gleichviel ob es von Anfang an dunkel ge-

halten und nur im Natronlichte gemessen worden, oder ob es dem blendendsten Lichte ausgesetzt wurde. Diese Angaben beziehen sich, wie die folgenden, ausschliesslich auf die Elemente des Centrum retinae.

Vergleicht man hiermit den Durchmesser der gänzlich geblichenen Stäbchen eines in der Sonne gehaltenen Frosches, an Stellen, wo die Pigmentzellen ohne tiefere störende Eingriffe in die Stäbchenschicht entfernt worden, so findet man die Zwischenräume in schmale Linien oder in dreieckige und andere sehr schmale Figuren verwandelt und den Durchmesser der Stäbchen, so weit die Genauigkeit der Messung reicht, gleich dem der Stäbchen plus dem der Zwischenräume in der Dunkelretina. Die Stäbchen sind also bis zur gegenseitigen Berührung angeschwollen, dicker geworden. Es braucht aber eine geraume Zeit der Lichtwirkung, bis die Quellung deutlich wird und die Veränderung der Durchmesser durch Zahlen ausgedrückt werden kann. Direkt nach grade vollendeter Ausbleichung des Sehpurpurs ist keine Veränderung wahrzunehmen, wie denn auch zu dieser Zeit das Haften des schwarzen Pigmentes noch wenig ausgebildet ist, wenn kein direktes Sonnenlicht verwendet wurde. Frösche, die eine halbe Stunde hellem diffusen Tageslichte bis zur Erreichung dieses Stadiums ausgesetzt waren, oder schwächer belichtete, deren Retinae noch chamois waren, zeigten Stäbchen, deren mittlere Dicke nur 0,0066 mm. oder wenig darüber betrug.

Entschiedene Quellung ist bereits nach $^3/_4$—1 Stunde, Sonnenlicht vorausgesetzt, bemerkbar. Die Zahlen schwankten zwischen 0,0068—0,0072 mm. Zunahme der Dicke proportional der Zeit der Belichtung liess sich nicht herausfinden, obwohl ein Unterschied zu bemerken ist zwischen den Stäbchendurchmessern eines Frosches, der eine Stunde, und eines, der 3 Stunden besonnt wurde. Nach längerer Besonnung von 8—9 Stunden an den besten Sommertagen war keine weitere Zunahme zu bemerken

und es wurden keine Stäbchen gefunden, deren Durchmesser den Werth von 8 Mikren annäherungsweise überschritten hätte. Nur in sehr vereinzelten Fällen oder nur an kleinen Plätzen der Retina sah man die Quellung den Grad erreichen, dass man sagen konnte, die Stäbchen seien abgeplattet, ihr Querschnitt eckig, statt kreisförmig; im Allgemeinen war das Bild da, wo die Zapfen keine Unterbrechung erzeugten, so, dass man sich die Mosaïk wie aus Reihen der Stäbchenenden zusammengesetzt vorstellen konnte, deren kreisförmige Bilder wie ganz eng auf die Schnur gezogene Perlen aussahen. So sieht die Dunkelretina niemals aus.

Wie die Stäbchen im Lichte aufquellen, quellen sie nach längerem Aufenthalte im Dunkeln wieder ab. Gründlich besonnte Frösche zeigten erst nach 1—1½stündigem Aufenthalte im Dunkeln, also etwa zur Zeit, wenn der Sehpurpur vollständig regenerirt war, nicht eher, wieder den kleinen Stäbchendurchmesser der Dunkelfrösche. Bemerkenswerther Weise erfolgt das Abquellen zwar nicht an der isolirten Retina, aber in dem isolirten Bulbus ebensogut, wie im lebenden Frosche, und man erhält darum zwei durch die Verschiedenheit der Stäbchendicke höchst überzeugende Präparate, wenn man das eine von dem soeben aus der Sonne genommenen Frosche anfertigt, das andere von dem zweiten Auge, nachdem es zwei Stunden im Dunkeln gelegen.

In der Netzhaut von Fröschen, welche lange unter rothem Lichte gehalten worden, war keine Zunahme des Stäbchenquerschnittes bemerkbar, wenn keine Bleichung eingetreten war.

### Vom Verhalten des Pigmentepithels im Lichte.

In den engen Zwischenräumen der gequollenen Stäbchen lebend belichteter Netzhäute liegen meist reichlich feine Krystalle des schwarzen Epithelpigmentes, die besonders beim Zerdrücken des Präparates sichtbar werden, wenn das nach den Innengliedern und nach vorn hin sich erstreckende Pigment zu-

gänglich wird, das man an einem guten Präparate sonst nicht sehen kann, weil kein Licht von vorn zwischen die Stäbchen dringt. In Folge dieses Gehaltes an schwarzem Pigment erscheint natürlich die sonst farblose Membran grau und wenn die Stäbchen noch nicht völlig ausgebleicht sind, wird dieses Grau selbstverständlich mit dem Rest von Purpur oder von Sehgelb Mischfarben erzeugen. Darauf beruhen denn auch die sonderbaren Farben, welche *Boll* als den Stäbchen zukommend, nach Belichtung der Frösche mit verschiedenfarbigem Lichte abbildet, besonders das schmutzige Lila oder Violet. Wir haben unschwer entscheiden können, dass hier derselbe Irrthum obwaltet, welcher die Netzhaut von Rothfröschen für braun erklären liess, denn an ordentlich und glatt ausgebreiteten Präparaten sah man von diesen Schmutzfarben nichts, falls das Mikroskop zu Hülfe genommen und die Farbe der im Object senkrecht stehenden Stäbchen allein berücksichtigt wurde; blass purpurne Stäbchen waren da rein lila, obgleich die ganze Netzhaut, wenn man daraus ein Häufchen bildete, jene Schmutzfarbe sehr deutlich annahm. Zum Orange, Chamois oder Gelb in äusserst intensivem rothen oder gelben Lichte intra vitam veränderte Stäbchen boten unter diesen Bedingungen die genannten Farben immer sehr rein dar, während die ganze mit schwarzem Pigmente durchsetzte Netzhaut jede Nuance von Braun darstellen konnte. Damit ist jetzt das letzte Hinderniss der allgemeinen Gültigkeit unseres Satzes, dass die lebende Retina in situ keine anderen Farbenänderungen, als die am isolirten Sehpurpur festgestellten, einzugehen vermag, beseitigt.

Die Schwellung der Stäbchen durch Belichtung bildet offenbar ein günstiges Moment für das Zurückbleiben des schwarzen krystallinischen Pigmentes oder der protoplasmatischen Epithel-Fortsätze, welche es einschliessen, zwischen den Stäbchen. Werden die Epithelzellen an ihren sämmtlichen Fortsätzen so von der Stäbchenschicht, die sie einklemmt, festgehalten, so ist mit einiger

Sicherheit darauf zu rechnen, dass die von der Chorioïdea leicht im Zusammenhange abgehende Epithellage mit der Netzhaut ausschlüpft oder aus dem Bulbus zugleich hervorzuziehen ist. Es würde demnach das nach der Belichtung in normalen Verhältnissen beim Frosche constante festere Haften der beiden äussersten Retinablätter aneinander, das von Anfang an auffallen musste, von *Boll* jedoch, wie es scheint, eher als von uns hervorgehoben wurde, in einfachster Weise erklärt. Die Reihe der Erscheinungen, um welche es sich hier handelt, ist indess ausserordentlich verwickelt und daraus wohl begreiflich, dass jede weitere thatsächliche Beobachtung von einer Deutung auf die andere überspringen liess.

Die erste Deutung, welche der Eine von uns unter Erinnerung an die früheren Bemerkungen *Czerny's* über das pseudopodienartige Verhalten jener Fortsätze versuchte, dass die verschiedene Durchsetzung der Stäbchenschicht mit Pigment auf amoboïden Bewegungen der Fortsätze unter Umherwanderung und Abschichtung des Pigmentes beruhe, ist seitdem von *Boll* an Stelle seiner Meinung, dass es sich um Consistenzveränderungen handle, acceptirt worden, mit besonderer Betonung jener „Abschichtung“. Es stimmte diese Annahme vortrefflich mit *Brücke's* Beobachtungen an den Pigmentzellen der Chamäleonhaut, wo Dunkelheit anscheinend zum Reize wird, so dass die Fortsätze eingezogen werden, Licht das Ausstrecken befördert, und in der Netzhaut brauchte man nur die Epithelfransen für die Haftfäden zu halten, um zu finden, dass Licht das Epithel an die Stäbchen befestigen, Dunkelheit es lockern müsse, weil sich die erst vorgeschobenen Fäden wieder auf den Zellenleib zurückziehen. Die Ansicht war vielleicht gut; aber wir wollen die Thatsachen reden lassen.

Eingehendere Beobachtungen wurden bis jetzt nur an Fröschen angestellt, weil an Säugethieren und Vögeln die auffälligeren Unterschiede des Haftens und Loslassens der Epithelschicht nicht

zu bemerken waren. Am menschlichen, in Eis conservirten Dunkelauge gelang die Trennung vom Epithel meist leicht, am Kaninchenauge im frischen Zustande häufig sehr schlecht, am Dunkelauge eines Affen durchaus nicht, bei der Taube mehr oder minder vollkommen, sowohl bei hell, wie bei dunkel gehaltenen Exemplaren. Unter Anwendung der Alaunmethode haben wir beim Kaninchen das Haften des Pigments an den belichteten Netzhautstellen, während unserer jetzt sehr ausgedehnten Erfahrungen, nur beobachtet, wenn die Augen nicht vollkommen lebensfrisch in das Härtungsmittel gelegt waren. Beim Frosche erzeugt dagegen jede Belichtung, und auffälliger Weise ganz besonders die rothe, auch wenn sie lange nicht intensiv genug ist um irgend welche Veränderung an der Netzhautfarbe aufkommen zu lassen, das festeste Haften. Da hier keine Schwellung der Stäbchen erzeugt wird, (vergl. oben), so sieht man, dass in dieser nicht die ausschliessliche Ursache liegen kann.

Weitere Verwicklungen ergeben sich, wenn man nur auf die Erscheinung des Haftens Rücksicht nimmt, aus den übrigen Bedingungen, welche ausser Licht und Dunkelheit in demselben Sinne oder umgekehrt wirken wie diese. Dieselben wurden schon bei der optographischen Technik, wo ihre Kenntniss unumgänglich ist und bei anderen Gelegenheiten erwähnt: niedere Temperaturen wirken wie Licht, höhere befördern die Dehiscenz auch gegen die Wirkung des Lichtes; in gleichem Sinne wirkt das Curareödem, am mächtigsten in Vereinigung mit Temperaturen von 28°—30° C. Bezüglich des Einflusses der Temperatur von 0° müssen wir nach sehr umfangreichen Erfahrungen hervorheben, dass das Mittel nicht ganz constant anschlägt, nach längerem Kühlhalten der Frösche weniger sicher ist, als in der ersten Stunde. Mit grösster Sicherheit die Dehiscenz am Dunkelauge aufhebend, wirkt das einfache Liegenlassen des exstirpirten Bulbus bis zur ersten gut bemerklichen Abnahme seiner Spannung, also zu einer

Zeit (nach 1/2—1 Std.) und unter Umständen, wo Absterben der Elementarorganismen kaum anzunehmen ist.

Um besseren Einblick in das Verhalten der Epithelschicht zu den Stäbchen zu gewinnen, haben wir die unter den angegebenen wirksamen Einflüssen gehaltenen Augen genauer mikroskopisch untersucht. Dieselben wurden dazu angeschnitten in *Müller*'scher Flüssigkeit längere Zeit gehärtet, darauf in Alkohol gelegt und aus diesem in die von Dr. *Kuhnt* im hiesigen Laboratorium verwendete Einbettungsmischung aus Gummi, Glycerin und Eiweiss gebracht, welche ebenfalls mit Alkohol erhärtet wurde. Der Gebrauch der *Müller*'schen Flüssigkeit war unumgänglich und musste der Alkoholhärtung voraufgehen, weil Alkohol, direkt auf frische Augengründe angewendet, eine schon mit blossem Auge ersichtliche, das zu untersuchende Verhalten betreffende Veränderung erzeugte. Man sieht die Retina des Dunkelauges darin sogleich schrumpfen und sich an den Rändern farblos vom Epithel zurückziehen, und wenn man das Object weiter gehärtet und schnittfähig gemacht hat, die Schnittchen so auseinander splittern, dass sich Epithel und Stäbchen meist vollständig trennen. Wo die Trennung nicht erfolgt ist, findet man die Epithelgrenze in Gestalt einer scharfen, sanft welligen Linie, ohne auch nur kürzere Zacken und feinere Fortsätze zu den Stäbchen hinüberzusenden, ein Bild, das den natürlichen Verhältnissen keineswegs entspricht. Man brauchte von einem Dunkelauge, dessen Epithel vollkommen losliess, nur dieses anzusehen, um zu wissen, dass seine Zellen relativ lange, deren Höhe übertreffende, dicht mit Pigment gefüllte Fortsätze besitzen, und nur aus dem ganzen Hintergrunde solcher Augen Schnitte mit der Scheere anzufertigen, um gelegentlich Stücke anzutreffen, an denen man ohne Anwendung irgend welcher Reagentien das natürliche Verhalten erkannte, das ein Hineinragen von starken Pigmentfortsätzen in nahezu sämmtliche Zwischenräume der Stäbchen

mindestens bis auf 1/3 ihrer Länge ergibt. Während des Lebens werden also die Zellen niemals cubisch oder nach vorn glatt und bartlos, und wenn sie sich von der Stäbchenschicht leicht trennen, ohne Pigment darin zurückzulassen, so heisst dies nur, dass die Zwischenräume zwischen den Stäbchen weit genug sind, und dass keine solide Verklebung der Fortsätze mit den Aussenflächen der Stäbchen besteht.

Da die in *Müller*'scher Lösung gehärteten Präparate den frischen durchaus entsprachen, glaubten wir die damit hergestellten Objecte für maassgebend halten zu dürfen. Auf dieselben bezieht sich das Folgende, das übrigens nur für vorwiegend centrale Theile der Netzhaut Geltung beansprucht.

### A. Dunkelaugen.

1) Beim Dunkelfrosche (Temp. 17° C.), wo die Retina des andern Auges frei von Epithel und Pigment ausschlüpfte, sind die Epithelzellen relativ hoch und es zieht sich das schwarze Pigment darin bis nahe an die Oberfläche des farblosen äusseren Theiles an den Wänden in Gestalt eines Rahmens oder Kranzes in die Höhe. Der vordere, stark pigmentirte, undurchsichtige Theil ist in vielen Fällen schwach sanduhrförmig eingezogen, an der unteren Anschwellung mit so viel stärkeren Fortsätzen versehen, als es Stäbchenzwischenräume davor gibt. Diese sind an der Wurzel zwischen den am weitesten auseinanderstehenden Enden der Stäbchen, von ziemlicher Dicke, von mehrschichtigem Pigment erfüllt. Ihre Fortsetzungen nach vorn werden alsbald feiner und stellen dann nur einfache Reihen dicht aufeinander folgender Pigmentnadeln dar, welche grade bis an den Anfang der Innenglieder reichen, zwischen welchen die Retina bis zur M. limitans ext. pigmentfrei ist.

Nicht ödematöse Curarefrösche zeigen dasselbe.

2) Ein unter den eben genannten Bedingungen genommenes,

aber erst nach einstündigem Liegen im feuchten, dunklen Raume in die *Müller*'sche Lösung gebrachtes Auge zeigte die Pigmentzellen, wie in 1) etwa, während die Fortsätze ein ganz anderes Bild boten. Die meisten Pigmentnadeln fanden sich am mittleren Drittheile der Stäbchen zu stärkeren spindelförmigen Figuren angehäuft, so dass das hintere und das vordere Stück der Aussenglieder nur von sehr feinen Pigmentreihen begleitet wurde. An manchen Stellen reichen diese bis an die M. limit. ext. und sind fast überall zwischen den Innengliedern zu sehen.

3) Die Umstände wie in 1), aber der Frosch ist seit 2 Stunden in Eiswasser gehalten. Die Epithelzellen zeigen nur hie und da schwache Andeutung der Sanduhrform, sind im Uebrigen, wie in 1) und 2), auch reichen die Pigmentnadeln bis an die Wurzel der Aussenglieder. An den vorderen $^2/_3$ der letzteren liegt das Pigment jedoch ungemein spärlich, reichlich und dicht gepackt in den conischen Ursprüngen der Epithelfortsätze, welche sich zwischen die Enden der Aussenglieder drängen. In den gehärteten Schnitten reissen die Pigmentzellen etwas über den Stäbchen leicht ab, unter Zurücklassung einer dünneren Pigmentdecke auf der Stäbchenschicht. Wenn es erlaubt wäre diese Erscheinung auf eine Consistenzänderung vor der Härtung zu beziehen, so könnte die Ursache des Ausschlüpfens abgekühlter Dunkelnetzhäute mit dem Pigmente in solchem Reissen der Zellenleiber gesucht werden. Wir fanden aber derartig mit dem Pigmente gewonnene Präparate im frischen Zustande mit der ganzen Lage heiler Epithelzellen bedeckt. Wo das Verfahren aber nicht anschlägt, wie es zuweilen vorkommt und bereits erwähnt wurde, fanden wir oft noch so viel zerstreute Pigmentnadeln auf der Stäbchenfläche, dass wir eine geringere Cohäsion wenigstens an den Wurzeln der Fortsätze annehmen möchten.

4) Da das Curareödem dem Haften der Epitheldecke bei in Eiswasser gehaltenen Dunkelfröschen entgegen wirkt, wurden

noch von so behandelten Thieren Präparate angefertigt. Hier rissen am gehärteten Objecte die Zellen noch leichter ab, wie in 3). Die Pigmentschnüre erstreckten sich ebenfalls bis an die Wurzel der Aussenglieder, waren aber bedeutend mächtiger entwickelt oder reicher an Pigment, als in 3), vornehmlich in Höhe des mittleren Drittheiles der Stäbchen.

5) Endlich wurden noch solche Netzhäute betrachtet, bei denen die Stäbchenschicht mit grösster Leichtigkeit vom Epithel abgleitet, nämlich von ödematösen Curarefröschen, welche 2 Stunden bei 30° C. gehalten waren. Die Pigmentzellen, deren Leiber sich bis an die Chorioïdalfläche mit diffus verbreitetem Pigmente gefüllt zeigten, rissen an diesen Schnitten am leichtesten von der Stäbchengrenze ab, der Art, dass eine Anzahl kurzer kegelförmiger Fortsätze an ihnen hängen blieb. Zwischen den Stäbchen stiegen die Reihen der Pigmentnadeln auffälliger Weise ganz tief, bis an die M. limitans hinab, freilich so, dass die Nadeln in langen Zwischenräumen hintereinander lagen und die Stäbchenschicht im Ganzen nur sehr wenig Pigment behielt.

### B. Belichtete Augen.

6) Präparate von 1—2 Stunden unter Berieselung besonnten Fröschen zeigten Epithelzellen, deren äusserstes Ende in weitester Ausdehnung pigmentfrei geworden, so dass nur der den Stäbchen aufliegende Antheil dichter davon erfüllt schien. Von hier erstreckten sich kurze, conische, dicht mit Pigment gefüllte Fortsätze um etwa $^1/_8$ der Stäbchenlänge nach vorn, dann kam ein hellerer Saum in den Schnitten zum Vorschein, wo zwischen sämmtlichen Stäbchen in kleinen Abständen aufeinanderfolgende Pigmentnadeln lagen. Dieser Theil der Stäbchenschicht betrug beinahe die Hälfte der ganzen Stäbchenlänge. Nach vorn trat dann das Pigment constant in grösseren Anhäufungen auf, meist so, dass es zwischen je 2 Stäbchen eine spindelförmige Figur

bildete. Zwischen den Innengliedern gab es nur sehr vereinzelte Pigmenttheilchen. Es stimmt dieses Bild augenscheinlich mit der Mehrzahl der früheren Beschreibungen und bildlichen Darstellungen und wir selbst fanden beim Durchmustern älterer Retinapräparate, die wohl meist von belichteten Augen stammten, fast überall die geschilderte merkwürdige Abschichtung des Pigmentes zwischen den Stäbchen.

7) Da die Eisbehandlung bezüglich des Epithelhaftens in gleichem Sinne wirkt, wie Belichtung, waren wir gespannt zu sehen, was die Combination beider Einflüsse zu Wege bringe. Wir fanden die Pigmentzellen wie bei 6, aber von ihrem Körper an mit dicken, ganz mit Pigment erfüllten Fortsätzen versehen, welche die Stäbchen nur etwa $^1/_3$ ihrer Länge nach vorn begleiteten. Der ganze Rest der Stäbchenschicht war merkwürdig frei von Pigment. Zu dem Versuche war übrigens Curare angewendet und ein leichter Grad von Oedem vielleicht im Eiswasser entstanden.

8) Um dem durch das Licht beförderten Haften entgegen zu wirken, wurden ödematöse Curarefrösche 2 Stunden bei 30° C. in der Sonne gehalten. Hier war im Controlauge die Retina sehr gut vom Epithel abzuziehen, aber sie war nicht ganz frei von Pigment in der Stäbchenschicht, von hellgrauer Färbung. Dem entsprach das mikroskopische Bild der Schnitte durchaus, insofern darin sehr feine Pigmentreihen bis zwischen die Innenglieder und an die M. limit. ext. reichten. Der Körper der Epithelzellen war, an den Rändern wenigstens, bis hinten mit Pigment versehen, nach vorn mit pigmentreichen Kegeln, die um mehr als $^1/_3$ einer Stäbchenlänge in die Retina reichten.

9) Längere Zeit roth belichtete Frösche, deren Purpur vollkommen erhalten geblieben, zeigten das überraschendste Bild. Die Epithelzellen waren überall förmlich von Pigment entleert, so dass selbst an der Grenze des Körpers, wo die Stäbchen be-

ginnen, nur mässige Anhäufung bestand. Noch pigmentärmer erwies sich das hintere Drittheil der Stäbchenschicht, wo nur je eine feine Reihe von Pigmentnadeln zwischen den Aussengliedern lag. Fast das ganze Pigment war in Gestalt dicker Säulen zwischen die vorderen Hälften der Stäbchen abgelagert. In der Schicht der Innenglieder wurden nur Spuren von Pigment gefunden, etwas grössere Anhäufungen höchstens um das äusserste Stück der Zapfeninnenglieder gelagert.

Zum Belege des eben Geschilderten sind die verschiedenen Lagerungen des Pigmentes in den beiden äussersten Netzhautschichten auf Taf. VI durch Abbildungen dargestellt. Dieselben wurden nach in Canadabalsam conservirten Präparaten gezeichnet. Bei der Zusammenstellung und Reihefolge der Figuren wurde das gröbere Verhalten berücksichtigt, so dass die beiden oberen Reihen nur solider verbundene, die beiden unteren leicht zu lockernde Schichten darstellen. Von diesen zeigt jede obere im Lichte, jede untere im Dunkeln entstandene Zustände.

Aus den beobachteten Thatsachen geht zunächst wieder mit grösster Evidenz hervor, dass das Epithelpigment unter allen Umständen zwischen die Stäbchen reicht und dass während des Lebens niemals von einer f l a c h e n, auch nur capillaren Schichte zwischen Epithel und Stäbchen die Rede sein kann, ferner dass das Pigment durch jede Belichtung, aber auch durch manche andere Umstände veranlasst wird tiefer zwischen die Stäbchen nach vorn zu wandern. Es wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen werden, zu entscheiden, ob die Fäden des Epithels immer, wenigstens mit pigmentfreien Fortsätzen, was wahrscheinlich ist, bis zur M. limitans ext. reichen oder nicht. Von Bewegungserscheinungen ist nur eine innerhalb der heutigen thatsächlichen Erkenntniss bewiesen, nämlich die Abschichtung des Pigmentes: wird dasselbe in grösserer Menge zwischen die Stäbchen geschoben, so verarmt der Zellkörper daran, schwindet es

in der Stäbchenschicht, so füllt sich der Leib und das Pigment schreitet selbst über das Kern-Niveau an den Rändern der Zellen bis zur Chorioïdalgrenze nach hinten. Man sieht hieraus, dass es eine Bewegung des Pigmentes innerhalb des Protoplasmas, das es beherbergt, giebt, welche so wenig äussere Gestaltsänderungen des Zellenleibes nöthig macht, wie die Verlagerung eines Zinnober- oder Fettkörnchens innerhalb eines Lymphkörperchens es erfordert. An isolirten Zellen des Retinaepithels sieht man oft so lange pigmentlose feine Fortsätze, dass das Substrat oder die Strasse für die Verschiebung des Pigmentes nicht weit gesucht zu werden braucht. Daneben sind Gestaltsveränderungen der ganzen Zelle freilich nicht unwahrscheinlich, wenn anders aus den unter gewissen Umständen durch Härtung verschieden erhaltenen Gestalten und Dimensionen der Zellkörper etwas geschlossen werden darf. Ausserdem liegt in der Anhäufung starker spindelförmiger Pigmentballen und in der vollständigen Umscheidung der Stäbchen mit Pigment ein starker Grund für diese Annahme, da entsprechende farblose Verdickungen und röhrenförmige Protoplasmascheiden für die Stäbchen an den Epithelfortsätzen nie gesehen sind und freies Pigment, das vom Protoplasma ausgestossen worden, nicht anzunehmen ist, schon weil man nicht wüsste, wie es wieder von der Stelle käme, ohne in seine Ursprungsstätte zurückzugehen.

Es bedarf der Erwähnung kaum, dass die Annahme neuer Ausstülpungen aus dem Protoplasma nicht zum Leugnen unter allen Umständen vorhandener und bis zu den Wurzeln der Stäbchen reichender Fortsätze nöthigt.

Ohne weitere planmässige Untersuchungen wollen wir keine der Vermuthungen äussern, zu denen die Aehnlichkeit der Effecte, welche Licht und Dunkelheit einerseits, ganz anders geartete Einflüsse andrerseits hervorbringen, Anlass geben.

Bezüglich des Haftens und der Lockerung des Pigmentepithels

von den Stäbchen ergeben die Beobachtungen, dass die Ursachen in mehreren Umständen zu suchen sind: in der Schwellung der Stäbchen, in der Einpressung breiter Pigmentmassen tief zwischen die Stäbchen, in der Verklebung der Pigmentschnüre mit den Aussenflächen der Stäbchen, welche bemerkenswerther Weise durch Oedem zu lockern, durch Abnahme des intraocularen Druckes und durch Abkühlen zu steigern ist, und in der Cohäsion des Protoplasmas.

---

## IV. Zur Chemie des Sehpurpurs.

Um für die Netzhautfarbe andere Lösungsmittel, als die Galle und die Cholate zu finden, haben wir eine grössere Anzahl von Reactionen mit der Retina vorgenommen, die wir jetzt, da der erwartete Erfolg, wie früher erwähnt wurde, ausgeblieben, als erste Erfahrungen zur Chemie des Sehpurpurs zusammenstellen. Des Zweckes wegen war hier anfangs die unbefriedigende Arbeit des Probirens unvermeidlich und wenn die folgende Darstellung dies wird erkennen lassen, so hoffen wir, dass es in dem Maasse weniger bemerkt wird, als sie an Thatsachen reicher wird, welche auch in der Untersuchung planmässigeres Vorgehen gestatteten.

Die Entdeckung des Sehpurpurs, oder der Substanz, welche die Netzhautfarbe bedingt, war aus der Ueberlegung hervorgegangen, dass das Substrat des Farbstoffs in den Stäbchen ähnliche chemische Zusammensetzung, wie das Nervenmark besitze und daher in Mitteln, welche dieses auflösen, löslich sein müsse (vergl. Heft 1, S. 41). Die Unmöglichkeit den Purpur mit Wasser, auch durch Gefrieren und Aufthauen, mit Salzlösungen, mit Ammoniak, kurz auf solche Weise zu extrahiren, wie man leicht lösliche Farbstoffe aus Geweben zu gewinnen pflegt, hatte ihn ausserdem selbst in die Reihe der Substanzen

gestellt, welche ähnlich denen seines Substrates oder des Nervenmarkes und mancher Baustoffe des Zellenleibes milderen Mitteln unzugänglich sind. So waren Hoffnungen nur auf Reagentien zu setzen, welche entweder auffällige Veränderungen an thierischen Geweben erzeugen, oder auf solche, welche schon an resistenteren Farbstoffen erprobt waren. Dass die Galle sowohl Stäbchen wie Blutkörperchen auflöst, ist vielleicht in dem Gehalte beider an Lecithin und an anderen dem sog. Myelin zugerechneten Stoffen begründet, schliesst aber keineswegs die Nothwendigkeit ein, dass der Sehpurpur dabei in Lösung gehe, wie das Hämoglobin, denn dieses ist auch in Wasser löslich und bedarf nach dem Zerfliessen seines Substrates keines besonderen Mittels mehr, wie jener, um auch gelöst zu werden. Die Möglichkeit Blutkörperchen auf so viele Weisen das Hämoglobin entziehen zu können, welche für den Sehpurpur nicht anschlagen, macht aus dem ausnahmsweise übereinstimmenden Erfolge mit Galle vielmehr einen Grund, den Purpur selbst für unlöslich in Wasser oder in wässrigen Gewebsäften, dagegen für löslich in dem sonderbarsten aller derartigen Mittel, das sich in der Galle findet, zu halten. Es ist deshalb ganz falsch, den Anfang des Weges, der zur Darstellung des Sehpurpurs führte, in dem lange bekannten Factum, dass Galle Blutkörperchen auflöst, erblicken zu wollen, denn diese Spur, die schon wegen der colossalen histogenetischen Differenz zwischen Blut- und Sinneszellen wenig einladen konnte, verdiente vollends nur nebenher berücksichtigt zu werden, als man sah, dass mit Ausnahme der Galle kein Hämoglobin lösendes Mittel für den Sehpurpur zu brauchen war. Unsere Beobachtung, dass Galle auch Nervenmark, Axencylinder und Cerebrin löst, was bis dahin Niemand wusste, war die Veranlassung, sie auf die Stäbchen und den Purpur anzuwenden und diese Erfahrung scheint, nachdem die Auflösung des letzteren geglückt und derselbe in die genannte Reihe eingerückt ist,

auch den Schlüssel zu manchen Eigenthümlichkeiten des Sehpurpurs sowohl, wie zu einigen seltsamen Lösungsphänomenen zu bieten, welche an thierischen Geweben, die in Galle lösliche Stoffe enthalten, bekannt sind.

In dieser Hinsicht sind allerdings die Blutkörperchen gegenwärtig von Interesse, und wir erinnerten uns darum zunächst noch des einen Mittels, das es ausser der Galle gab, welches sie in sehr eigenthümlicher Weise zerklüftet und zerfliessen macht. Concentrirte Harnstofflösungen, welche nach *Bischoff*'s bekannten Beobachtungen diese merkwürdige Wirkung haben, an den Stäbchen zu versuchen lag darum nahe und wir glaubten sie um so mehr darin löslich zu finden, als bereits einmal gelöster Sehpurpur im Auge eines (freilich gefaulten) Rochen (Heft 1, S. 37), dessen Gewebe sich durch reichlichen Harnstoffgehalt auszeichnen, angetroffen war. Versuche mit gesättigten Harnstofflösungen unter Zusatz überschüssiger Krystalle an der Froschretina ergaben ein Verhalten der Stäbchen, das insofern den Erwartungen entsprach, als dieselben stark quollen und zu einer eigenthümlichen durchsichtigen Masse verklebten, aber ein gefärbtes Filtrat davon zu erhalten gelang nicht, obwohl sie mehrere Tage im Dunkeln purpurn blieb und auch Flüssigkeit durch das Filter tropfte. Ebenso erfolglos war Behandlung mit verdünnter Harnstofflösung. Die unten zu berichtenden Erwärmungsversuche werden zeigen, dass Temperaturen, welche nach *M. Schultze*'s Beobachtungen Blutkörperchen unter Tropfenbildungen zerfliessen machen, ähnlich wie der Harnstoff, bei den Stäbchen keine Abgabe des Purpurs veranlassen.

Zum Entfernen von Farbstoffen hat die Galle den künstlichen Waschmitteln weichen müssen; es ist aber bekannt, dass sie noch heute neben den fettsauren Alkalien Anwendung findet und hinsichtlich des Sehpurpurs zeigt sie sich den Seifen durchaus überlegen, denn es hat uns nicht gelingen wollen, diesen mit ölsaurem

Natron in Lösung zu bringen; die trübe Auflösung käuflicher Talgseife entfärbte Froschretinae in 24 Stunden, ohne vorher Purpur auszuziehen.

Da kohlensaures Alkali und $NH_3$ ohne Wirkung sind und ätzende Alkalien die Netzhaut bleichen, waren unter den alkalischen Mitteln Baryt und Kalk an der Reihe. Beide entfärben die Netzhaut schnell, sowohl das sehr verdünnte Kalkwasser, wie stark verdünnte Lösungen des Bariumhydroxyds. Käufliches Tetramethylammoniumhydroxyd, das an Stelle des Neurins zum Auflösen diphteritischer Membranen empfohlen wird, entfärbte Netzhäute ebenfalls in kurzer Zeit, ebenso Coniin; in beiden zergingen sie zu einer durchsichtigen, schleimigen Masse. Mit Coniin vergiftete Frösche zeigten übrigens keine Veränderungen der Retina. Fast farbloses reinstes Anilin, auf getrocknete Retinae gebracht, machte dieselben sehr durchsichtig und nahm allmählich eine röthliche Farbe an, wie immer, wenn es verunreinigt wird; da dieselbe im Lichte zunahm, war an bemerkbare Auflösung des Sehpurpurs nicht zu denken. Die mit Kalk- oder Barytwasser entfärbten Retinae werden durch verdünnte, Sehpurpur an sich nicht ändernde Säuren nicht wieder farbig.

Als Lösungsmittel wurden ferner probirt: Chloralhydrat in 10procentiger Lösung, concentrirte Milchsäure, Oelsäure, Monochloressigsäure, an getrockneten Netzhäuten: Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Kohlenstoffdichlorid, Schwefelkohlenstoff, Terpenthin, Canadabalsam, Aceton, Aldehyd, Bittermandelöl, Essigäther, Senföl, Bergamotöl und mit keinem der Zweck erreicht. Der Purpur zeigte sich dabei haltbar in den Chlorkohlenstoffen, Schwefelkohlenstoff, Oelsäure, Canadabalsam, Bergamotöl, nicht in den übrigen Mitteln. Chloroform vernichtete die Farbe der trocknen Netzhäute zuweilen schon in einigen Stunden, in andern Fällen erst nach 1—2 Tagen, Terpenthinöl immer erst nach Ablauf von 1—2 Tagen.

Indifferent erwiesen sich ausserdem: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Borsäure, Cyanwasserstoff, selbst in starker Lösung, Cyankalium in fast gesättigter Lösung, Arsenige Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, Unterschwefligsaures und Schwefligsaures Natrium, Salpetrigsaures Natrium, Eisen- und Zinkvitriol, Eisenchlorid, Wasserstoffsuperoxyd, Ozon, Santonsäure und Santonsaures Natrium, frisch bereitete Lösung von Phosphor in Mandelöl. In Santonsäure quoll die Froschnetzhaut zu einer glasigen Masse auf, die im Dunkeln wochenlang prächtig purpurfarben blieb und im Lichte sehr schnell farblos wurde. Mit Santonin oder mit Natriumsantonat vergiftete Kaninchen und Frösche zeigten bezüglich der Retinafarbe und deren Verhalten gegen Licht nichts Auffälliges.

Unter diesen Angaben werden die über Unwirksamkeit energischer Oxydationsmittel besonders auffallen. Wir waren darauf durch die älteren Erfahrungen über Erhaltung des Sehpurpurs in Osmiumsäure und in Kaliumpermanganat zwar vorbereitet, dass aber das Ozon über den Sehpurpur nichts vermöge, war uns so überraschend, dass wir den Oxydationsversuchen ganz besondere Sorgfalt zuwendeten. Zunächst müssen wir für die Nachuntersuchung bemerken, dass man bei der $OsO_4$ und dem Permanganat leicht zu einer gegentheiligen Meinung kommt, weil hier dunkle Reductionsproducte den Stäbchenpurpur verdecken und weil das Permanganat reducirt freies Alkali liefert, das den Sehpurpur zerstört. Dasselbe ist daher nur in verdünnter Lösung zugleich mit etwa 2procentiger Essigsäure anzuwenden, welche das Alkali neutralisirt und die Ausscheidung reducirter Manganverbindungen einschränkt. Ganz wird die Bräunung damit auch anfangs nicht verhindert, und es verdient bemerkt zu werden, dass dieselbe an der Stäbchenseite immer kräftiger, als an der vorderen auftritt. So lange die Stäbchen jedoch nicht ganz tief gebräunt sind, ist der Farbenunterschied

belichtet oder purpurhaltig in dieselbe Mischung gelegter Netzhäute sehr auffällig. Verschiedenheiten im Gange der Reduction und in dem Fortschreiten der Bräunung waren an solchen Präparaten nicht zu bemerken. Für das Verhalten der Stäbchen zu Osmiumsäure, wo ausserdem die Zeit, innerhalb welcher die vergleichende Beobachtung wegen der schnell erfolgenden Schwärzung möglich ist, bedeutend kürzer sein muss, gilt es dem gleichen Bedenken, wie bei dem vorgenannten Mittel zu begegnen, und da ist besonders der Gebrauch sehr verdünnter Lösungen anzurathen und die absolute Menge der Säure zu beachten, die in keinem Falle erheblich sein darf. Ob die Mittel nach längerer Wirkung den Sehpurpur zerstören, ist nicht zu entscheiden, doch möchten wir es für die $OsO_4$ annehmen, weil viele Stäbchen darin nur so hell olivenfarben werden, dass der Purpur entweder sichtbar bleiben müsste, wenn er neben dieser Farbe vorhanden wäre, oder die helle, ohne Frage grünliche Farbe als Complementär überhaupt nicht zulassen könnte.

In Wasserstoffsuperoxyd, das aus reinem Baryumhyperoxydhydrat mit $SH_2O_4$ dargestellt worden, sahen wir die Retina sich stark mit Sauerstoffbläschen, die sie alsbald an die Oberfläche hoben, bedecken, ohne dass nach längerer Einwirkung grosser Mengen die Farbe irgend welche Veränderung erlitt. War die Lösung alkalisch und trübe, so schwand der Sehpurpur unter dem Einflusse des Baryts bald, während die saure Lösung erst bei beträchtlicher Intensität der Lakmusreaction schnellere Bleichung erzeugte.

Der Einfluss des Ozons wurde so untersucht, dass wir die Froschretina direkt in das Abzugsrohr des *Siemens*'schen Ozonisators legten und dieses mit dem ganzen Apparate etwas nach abwärts geneigt mit der Mündung in ein kleines Röhrchen senkten, welches einige Tropfen gelösten Sehpurpurs enthielt. Der Ozonisator war mit einem Inductorium mittlerer Grösse, dieses mit einer 6gliedrigen grossen *Bunsen*'schen Chromsäurekette ver-

bunden, und durch den Apparat strömte .reiner Sauerstoff mit geeigneter Geschwindigkeit. Durch ein Versehen wurden die Zink-Kohlenelemente beim ersten Versuche ganz eingetaucht, so dass ein gewaltiger Strom in Anwendung kam, der die meisten Apparate unbrauchbar gemacht hätte. Da der unserige es aushielt und nach wiederholten Versuchen keinen Schaden nahm, haben wir den Glücksfall benutzt und jeder Zeit den Vortheil gehabt, eine so kräftige Ozonisirung des Gasstromes zu erreichen, dass der Aufenthalt vor dem Apparat fast unerträglich wurde. Unter diesen Umständen sahen wir zu unserem Erstaunen, dass sich die Farbe der Retina nach stundenlangem Ueberleiten des Gases gar nicht änderte und dass sich die davon beständig zerpeitschte Purpurlösung ebensowenig verändert zeigte, wenn man die winzige Menge zur Ruhe kommen und am Boden des Röhrchens wieder zusammenlaufen liess. Da die Objecte alkalisch reagirten, so dass das Ozon Superoxyde bilden konnte, wurden mit 1—2proc. Essig- oder Milchsäure gründlich gesäuerte Netzhäute und bis zum Entstehen geringer Ausscheidungen freier Gallensäuren angesäuerte Purpurlösungen dem Ozon ausgesetzt, aber diese zeigten sich darin ebensowenig veränderlich.

Nach den Angaben von *v. Gorup-Besanez*, welche an manchen oxydablen Körpern Ozonwirkung nur in Gegenwart von Alkali zugeben, haben wir nicht versäumt den Versuch noch unter Zusatz von Sodalösung oder von $NH_3$ zu beiden Präparaten auszuführen, doch auch das erhielt den Sehpurpur unversehrt. Um uns zu überzeugen, dass sich kein Fehler in den Versuch geschlichen habe, setzten wir Tröpfchen Indigolösung in das Rohr und bedeckten das Purpurröhrchen mit einer locker schliessenden Kautschukkappe; der Indigo wurde schliesslich entfärbt und der Kautschuk brüchig, wie schlechte Guttapercha, wo der Sehpurpur unangetastet blieb. Nach dem Versuche waren die Präparate so lichtempfindlich wie gewöhnlich.

Dieser Unempfindlichkeit gegen activen Sauerstoff steht die leichte Zerstörbarkeit des Sehpurpurs gegenüber: durch Chlor, salpetrige Säure und unterchlorigsaure Salze, welche schon in Spuren die Netzhaut und deren Galleextract unwiderbringlich bleichen. Unterschwefligsaures und schwefligsaures Natron, die an sich die Farbe erhalten, färben solche Präparate nicht wieder. Wie Brom und Jod auf den Purpur wirken, ist schwer zu entscheiden, weil deren verdünnte (nicht alkoholische) Lösungen oder die Dämpfe die Netzhaut stark gelb färben; Bromwasser scheint indess ziemlich langsam zu wirken; Salpetrigsaures Alkali ändert den Sehpurpur nicht.

Welche Stoffe die Netzhaut entfärben, wurde z. Th. schon gelegentlich angegeben. Ausser vom Methylalkohol fanden wir es auch vom Amylalkohol und für den ersteren constatirten wir, dass er im völlig wasserfreien Zustande gänzlich getrocknete Netzhäute fast augenblicklich bleicht.

Entfärbt oder verfärbt wird Sehpurpur an seinem natürlichen Platze oder in der Cholatlösung von: Chlorzink, Platinchlorid, Goldchlorid, Sublimat, salpetersaurem Silber, den meisten Säuren, von Salicylsäure, Thymol, Furfurol. Wir haben die letzten 3 Körper in der Absicht berücksichtigt, die Purpur-Cholat-Lösung gegen Fäulniss zu schützen. Von der Salicylsäure wurde früher schon berichtet, dass sie in schwacher wässriger Lösung schon gefährlich sei, wenn nicht reichlich andere organische Stoffe zugegen sind; Thymol zu $^1/_2$ pCt. in Galle von 5 pCt. gelöst macht die Netzhaut in wenigen Minuten hellgelb, ebenso eine ziemlich verdünnte Lösung von Furfurol in Wasser.

Unter den Säuren haben wir besonders die Salzsäure genauer behandelt. In HCl von 5 pCt. wurde die Netzhaut in 15 Min. blassgelb, während sie in der Säure von 0,5 pCt. noch nach 30 Min. blassroth erschien. HCl von 0,1 pCt. lässt die Stäbchenschicht nach 30 Min. gequollen und hell lackfarben roth erscheinen,

nach 60 Min blasser, nach 15 Stunden lichtgelb, nach 24 Stunden farblos. Neutralisiren oder Uebersättigen mit $NH_3$ oder Soda bringt die geschwundene Farbe nirgends zurück. Sehr kleine Mengen concentrirterer Säuren wirken wie grössere Volumina verdünnter. Aehnliches gilt für Essigsäure und Oxalsäure; eine Lösung der letzteren von 2,5 pCt. färbte die Netzhaut sofort gelb, während Essigsäure von gleicher Concentration nach 24 Stunden noch rothe Farbe erhalten hatte. Ganz concentrirte Milchsäure färbte die Retina sofort orangegelb, wobei die Stäbchen sich stark gequollen, um das 4fache verlängert und etwas verdickt zeigten. Milchsäure von 1 pCt. trübte die Retina bedeutend, änderte aber die Farbe so wenig, wie Essigsäure von gleicher Concentration.

Nach Einwirkung der meisten verdünnten Säuren heben sich die Stäbchen häufig in zusammenhängender Schicht von der Retina ab.

Schweflige Säure in so verdünnter wässriger Lösung, dass dieselbe kaum roch, entfärbte eine Netzhaut in 15 Min., in gerade deutlich riechender Concentration sofort und eine über diese Lösung in die abdunstende $SO_2$ gehaltene Netzhaut wurde in 2 Minuten farblos.

Zum Beweise, dass es nicht $SH_2O_4$ war, die sich in dem schwefligsauren Wasser gebildet und gewirkt haben konnte, wurde festgestellt, dass Kochen die Lösungen unwirksam machte. Eine in äusserst verdünnte, erst nach 15 Min. im Dunkeln bleichend wirkende $SO_2$ 2—3 Min. eingelegte Retina wurde im Lichte so schnell entfärbt, wie immer. Nach der Bleichung in schwefliger Säure kehrte die Netzhautfarbe weder durch Soda noch durch Kaliumpermanganat, Wasserstoffsuperoxyd oder Ozon wieder.

Die Entfärbung des Sehpurpurs durch chemische Einflüsse geschieht in vielen Fällen nicht plötzlich und geht dann, wie die durch Licht, erst durch eine rothe, orange, gelbe oder chamois

Nuance zum Weiss. In manchen Fällen handelt es sich da ohne Frage um eine der Lichtwirkung analoge Zersetzung, so dass aus der Natur des zersetzenden Reagens Schlüsse auf den Process der natürlichen Bleichung möglich werden. Andererseits tritt aber die Zerstörung des Purpurs auch unter Bildung gelber Stoffe auf, die mit dem Sehgelb nicht zusammenzustellen sind. Wenn eine Retina in Jod und Brom gelb wird, bezweifelt dies Niemand, weil sich nicht nur gebleichte Netzhäute, sondern auch viele andere Gewebe ebenso verhalten; um etwas Aehnliches scheint es sich bei dem Gelbwerden der Netzhäute in Platinchlorid zu handeln, aber verdünnte Lösungen des Salzes schienen uns doch purpurhaltige Netzhäute auffälliger gelb und dann für das Licht sehr dauerhaft zu färben, als gebleichte. Goldchlorid liess solche Unterschiede kaum erkennen, noch weniger Salpetersaures Silber von 1 pCt., das eine graue Farbe erzeugte. Sublimat in ziemlich concentrirter Lösung färbt nur die ungebleichte Netzhaut hell gelblichrosa, welche Farbe nach längerer Einwirkung ausserordentlich lichtbeständig ist und darum besonders beim Frosche zum Fixiren von Optogrammen dienen kann.

### Das Sehgelb.

In dem Abschnitte über Fluorescenz der Retina haben wir schon eines Falles gedacht, wo der Purpur durch die chemische Wirkung des Chlorzinks, ohne Licht, in eine gelbe, nicht mehr fluorescirende Farbe übergeht, welche dem Lichte länger widersteht und nur an der Sonne allmählich farblos wird, unter Annahme der für belichteten Purpur charakteristischen Fluorescenz. Unsere Auffassung der dort mitgetheilten Thatsachen hat in weiteren Beobachtungen Bestätigung gefunden, insofern wir jetzt auch zeigen können, wie umgekehrt, ohne chemische Hülfe, nur durch Licht aus dem Purpur nach Belieben erst ausschliesslich Sehgelb und aus diesem Sehweiss zu erzeugen ist.

Im Allgemeinen ist das durch Reagentien in der Netzhaut — ohne Licht — erzeugte Gelb in erstaunlichem Grade weniger lichtempfindlich als das im ersten Stadium der Belichtung auftretende, während die unter den nämlichen Einflüssen in der Lösung des Purpurs erzeugte Gelbfärbung oft schon durch das Reagens schnell weiter verändert und gänzlich aufgehoben wird, oder sonst der Sonne leicht weicht. Es sind hier folgende Thatsachen zunächst zu beachten und zu unterscheiden:

1) Viele Reagentien, die an sich den Purpur erst nach längerer Zeit oder gar nicht angreifen, ändern die Retina der Art, dass Belichtung zwar noch Sehgelb in der normalen Zeit erzeugt, dass aber dieses nun äusserst langsam farblos wird. 2) In Purpurlösungen tritt diess so wenig ein, wie in Auflösungen von Sehgelb, welche aus Netzhäuten, die im Lichte bis zum Gelb ausgebleicht worden, mit Galle herzustellen sind, wohl aber wiederum, wenn der Farbstoff in Niederschläge übergeht. Die Erscheinung wird an den Lösungen am zweckmässigsten mittelst passend verdünnter Säure, an der Netzhaut auf dieselbe Weise oder durch concentrirte Salzlösungen hergestellt. 3) Gibt es Netzhäute, welche ohne alle chemische Behandlung ein indolenteres Sehgelb durch Belichtung liefern. Unter diesen sind 2 Fälle zu unterscheiden: entweder ist die Retina von vornherein nicht normal, was sich bei Dunkelfröschen an der im ersten Augenblicke, nach dem Herausholen schon vorhandenen brandrothen Färbung zeigt, oder sie hat die normale Purpurfarbe und zeigt das resistente Sehgelb dann im Gange der Lichtbleiche. Das erstere haben wir bis jetzt nur bei Fröschen und wenige Male bei albinotischen, lange im Dunkeln gehaltenen Kaninchen beobachtet. Unter den mehr als 8000 Froschnetzhäuten, die wir bis heute verarbeiteten, dürfte die Thatsache vielleicht 20—30 mal von uns gesehen sein. Viel häufiger ist das letztere, bei Fröschen jedoch selten so, dass das Gelb der Sonne länger als 2—3 Stunden widersteht; am auf-

fälligsten sahen wir es einige Male an der Retina des Aals, der Eule und des Igels, wo die Netzhaut erst am dritten Sonnentage ganz farblos wurde. An keiner darauf untersuchten Membran dieses Verhaltens wurden andere Abnormitäten gesehen, namentlich keine im frischen Zustande schon vorhandene oder ungewöhnlich schnell auftretende Trübung der Gewebe.

Ein Umstand, welcher fast regelmässig die Entstehung haltbareren Sehgelbs begünstigt, ist das Absterben, so dass heute, wo die Retinafarbe allgemeiner beachtet und Dunkelaugen häufiger untersucht werden, die meisten Beobachter kaum begreifen werden, weshalb man nicht wenigstens die gelbe Retina früher gekannt habe. Man kann die Netzhäute der Säuger an vom Schlächter bezogenen und nicht mehr ganz frischen Augen häufig ganz unbedenklich im Tageslichte präpariren, ja die Augen vorher gegen das Licht gewendet liegen lassen, ohne befürchten zu müssen, ganz farblose Membranen zu erhalten, denn wenn dieselben auch keinen Purpur mehr zeigen, so sind sie doch zum Untersuchen des Sehgelb noch ganz geeignet. Die Leichenprocesse, auf die es dabei ankommt, verlaufen auch in der isolirten Retina, die man deshalb nur im feuchten Raume dunkel aufzuheben braucht, wenn man darin später das indolente Sehgelb durch Licht erzeugen will.

Aus diesen und den folgenden Erfahrungen meinen wir schliessen zu müssen, dass das Sehgelb unter Umständen an andere Dinge gebunden oder fixirt werde, und daher die Lichtempfindlichkeit zum Theil oder ganz verliere. Die Stoffe, auf welche es sich fixirt, dürften sehr verschieden sein und sind einstweilen nicht zu bezeichnen. Sehr unwahrscheinlich ist es uns aber, dass freies Sehgelb indolent werde, da die Erscheinung, wie schon hervorgehoben, niemals an seiner Lösung zu bemerken ist. Das Sehgelb würde demnach in viel vollkommenerer Weise als der Sehpurpur durch Verbindung mit anderen Stoffen halt-

bar zu machen sein, und unsere jetzt fast einjährigen Erfahrungen über das Fixiren von Optogrammen (vergl. S. 86) zeigen denn auch, dass es auf die Dauer nicht gelingt, purpurne Bilder im Lichte aufzubewahren, während die daraus sich entwickelnden gelben Zeichnungen, wenigstens auf der Ochsenretina, unverwüstlich scheinen, so lange sie trocken bleiben.

Da die Netzhaut in höheren Temperaturen schneller abstirbt, als in niederen und das Sehgelb in abgestorbenen Stäbchen indolenter ist, als in frischen, so wird der Gang der Ausbleichung durch Licht innerhalb gewisser Grenzen auch von der Temperatur abhängig sein und wir haben, als wir darüber experimentirten, in der That das wenig plausible Resultat zu erzielen vermocht, dass auf Eis gehaltene Netzhäute in den wirksamen Farben des Spectrums schneller farblos wurden, als auf 30° C. erwärmte. So lange es sich um das erste Stadium der Wandlung des Purpurs zu Gelb handelte, verhielten sich die Netzhäute dabei freilich entweder gleich oder auch umgekehrt, wenn man aber den Effekt aus der vollkommenen Ausbleichung entnehmen wollte, so zeigten sich die kalten zuweilen gegen alle Erwartung lichtempfindlicher. Um die Thatsache zu finden, muss man freilich längere Zeit vor der Belichtung mit dem Erwärmen anfangen; wir theilen den Versuch vornehmlich deshalb mit, weil die Bekanntschaft damit Anderen bei lange dauernden Spectralversuchen, die vorzugsweise im warmen Sommer angestellt werden dürften, Irrthümer ersparen kann.

Um eine Retina mit indolentem Sehgelb zu versehen, fanden wir es zweckmässig, sie 24—48 Stunden über die Aussenfläche zusammengeklappt in dem Lymphsacke eines lebenden Frosches verweilen und absterben zu lassen und darauf kurze Zeit zu besonnen. Auf diese Weise ist es uns wiederholt gelungen, an der gelben Membran die Fluorescenz im Focus der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes auf der Hinterfläche so gut wie voll-

kommen aufgehoben zu finden, und dieselbe nach gehöriger weiterer Belichtung, als das Sehgelb endlich schwand, mit weisslich grüner Farbe und viel stärker zum Vorschein kommen zu sehen, als sie vor der ersten Belichtung an den noch purpurnen Stäbchen war. Die zweite Methode nur Sehgelb ohne Sehweiss durch Licht zu erzeugen, bestand in der Belichtung vollkommen getrockneter Netzhäute. Die Retinae wurden dazu auf Plättchen von Thon oder mattem Porzellan mit der Stäbchenseite nach oben ausgebreitet, über $SH_2O_4$ im continuirlichen Vacuum getrocknet, dann im Exsiccator, der mit einer durchsichtigen Platte luftdicht geschlossen war, so lange der Sonne exponirt, bis die Netzhautfarbe tiefgelb geworden. In diesem Zustande war die Fluorescenz wieder fast vollkommen erloschen und kam auch nicht zum Vorscheine, wenn das Präparat wieder gründlich befeuchtet wurde. Benetzt und weiter belichtet zeigte es dann das grünliche Leuchten im Ueberviolet und dies wurde in dem Grade deutlicher, als das Gelb abblasste oder verschwand. Da im Trockenraume befindliche Retinae ebenso wie der im Vacuum erhaltene Rückstand von Purpurlösungen im direkten Sonnenlichte ungemein lange tief gelb bleiben, so dass wir schon vermutheten das Sehgelb werde ohne Gegenwart von $H_2O$ überhaupt nicht weiter zersetzt, betrachteten wir auch solche gründlich besonnte Präparate im übervioletten Lichte. An diesen war jedoch die grünlichweisse Fluorescenz sehr deutlich, also offenbar schon Sehweiss neben dem Sehgelb gebildet, und später überzeugten wir uns auch, dass die gelben Froschretinae im Exsiccator nach zweitägiger Besonnung völlig entfärbt wurden.

Indem wir nach den vorliegenden Beobachtungen unsere Auffassung von der Bleichungsweise des schwach bläulichweiss fluorescirenden Sehpurpurs durch das gar nicht fluorescirende Sehgelb zum kräftig und grünlichweiss fluorescirenden Sehweiss für gesichert hielten, haben wir den Versuch gemacht, mittelst

des Verhaltens im Ueberviolet zu entscheiden, welche chemischen Einflüsse gleich dem Lichte wirken, ob also diejenigen Reagentien, welche die Retina gelb färben, wirkliches Sehgelb erzeugen, die sie total bleichenden, Sehweiss?

Eine Dunkelretina, welche mit einem Tropfen Alkohol entfärbt worden, zeigte gar keine Fluorescenz; nachträglich belichtet ebensowenig. Eine nach der Belichtung mit Alkohol behandelte Retina fluorescirte dagegen kräftig weisslichgrün. Hiernach wirkt Alkohol auf den Sehpurpur anders, als Licht, erzeugt kein Sehweiss, scheint aber einmal durch Licht gebildetes nicht zu zerstören.

Retinae, die in einer Spur 15procentiger Essigsäure gelb geworden, waren frei von Fluorescenz, zeigten später belichtet, aber bei noch hellgelber Eigenfarbe, schwache weissliche Fluorescenz ohne erkennbares Grün. Vorher gebleichte Netzhäute in derselben Weise mit Essigsäure behandelt, fluorescirten weisslichgrün und kräftig. Das Verhalten ist also ähnlich, wie beim Chlorzink (S. 182). Eine über $SH_2O_4$ im Dunkeln getrocknete Netzhaut, $^1/_2$ Stunde mit einer Spur Essigsäure von 30 pCt. bis zum Orange verändert, fluorescirte sehr schwach bläulich, wie wenn noch Sehpurpur neben dem Sehgelb vorhanden war; darauf in $^1/_4$ Stunde an der Sonne citronengelb geworden, hatte sich ihre Fluorescenz kaum geändert; als sie aber durch weiteres 2stündiges Besonnen sehr blassgelb geworden war, fluorescirte sie sehr lebhaft grünlichweiss. Der gelbe Körper, der anfangs aus Sehpurpur durch Essigsäure entsteht, scheint also Sehgelb zu sein.

Durchaus anders, als die obengenannten Mittel, wirkte freies Alkali auf die Netzhaut, denn als wir Dunkelretinae in Kalilauge von 1 pCt. entfärbt hatten, fanden wir weder die gequollenen Membranen, noch die kleine Menge der Lösung fluorescirend. Netzhäute, welche nach der Lichtbleiche in die Lauge gelegt

worden, verhielten sich ebenso, aber die Kalilösung zeigte eine Spur bläulichweissen Leuchtens im Ueberviolet.

Mit Platinchlorid gelb gewordene Froschretinae schienen alle Fluorescenz eingebüsst zu haben und nahmen das Vermögen dazu auch durch Belichtung nicht an. Vorher belichtete, dann mit Platinchlorid behandelte Netzhäute fluorescirten ebensowenig. Dunkelretinae, welche in Sublimat die oben erwähnte sehr lichtbeständige gelbliche Rosafarbe angenommen hatten, zeigten weder vor aller Belichtung, noch nach stundenlanger Besonnung irgend welche bemerkliche Fluorescenz, während gebleichte und darauf in Sublimat gelegte Netzhäute sehr schwach weisslich fluorescirten; doch wurde in einigen Versuchen die letztere Erscheinung auch vermisst.

In Wasser von 70° C. unter Lichtschutz bis zur Entfärbung erhitzte Froschnetzhäute erschienen im Ueberviolet ganz dunkel, während eine vollkommen getrocknete und im geschlossenen Röhrchen über wasserfreier Phosphorsäure auf 100° C. erhitzte und dabei gelb gewordene Netzhaut schwach weisslichgrün fluorescirte. Belichtung verstärkte dies Verhalten nicht.

Nach diesen ersten jedenfalls noch stark zu vermehrenden Erfahrungen, die wir mitzutheilen uns nur entschliessen, weil Aussichten auf Fortsetzung einstweilen durch die lichtschwache Jahreszeit genommen sind, lässt sich schon absehen, dass es manche Reagentien gibt, welche, wie das Licht, Sehgelb aus dem Purpur erzeugen, so die Essigsäure, das Chlorzink, Sublimat; dagegen wurde ausser dem Lichte kein Mittel zur Herstellung des Sehweiss oder zum vollkommenen Entfärben gefunden, das die starke und charakteristisch weisslichgrüne Fluorescenz auf gewöhnlichem Wege gebleichter Netzhäute entwickelte.

Sublimat (vielleicht auch Platinchlorid) scheint das Mittel zu sein, um das Sehgelb in die für Licht nahezu unveränderliche Verbindung überzuführen.

Für die Untersuchung des Sehweiss dürfte die Thatsache, dass Alkohol die Fluorescenz gebleichten Purpurs erhält, einigen Nutzen versprechen.

### Enthält der Sehpurpur Eisen?

Bei thierischen Farbstoffen pflegt aus naheliegenden Rücksichten gegen das Blutroth die Frage nach dem Gehalte an Eisen aufgeworfen zu werden. Wir glauben annehmen zu dürfen, dass der Sehpurpur kein Eisen enthält, thun es aber aus Gründen, deren Berechtigung Jeder einsieht, unter starker Reserve. Wir sammelten einige gut ausgeschlüpfte Netzhäute von Dunkelfröschen und wählten darunter diejenigen aus, welche bei der Präparation der Hyaloïdea beraubt waren, oder deren Gefässe in der genannten Membran keine Blutkörperchen enthielten, was sich durch mikroskopische Betrachtung der Vorderfläche leicht feststellen liess. Ein gutes Mittel die Hyaloïdea mit dem Glaskörper abschlüpfen zu lassen, ohne auf den günstigen Zufall rechnen oder Zupfen und Schaben anwenden zu müssen, fand sich in den cadaverösen Veränderungen, welche das Auge in einigen Tagen erleidet, und da die Netzhäute dann wieder vom Epithel gelockert waren, haben wir auch solche für den vorliegenden Zweck verwendet.

Die Membranen wurden nach- und übereinander auf einem Häkchen von feinem Platindraht angetrocknet und, wenn 6—8 beisammen waren, durch Annähern an die Flamme langsam verkohlt und sehr vorsichtig verascht, was ohne Verlust zu bewerkstelligen war. Wurde das mit der Asche beladene Platinöhr in einige Tropfen nicht zu concentrirter, mit etwas Rhodankalium versetzter Salzsäure gehalten, so war es unmöglich, irgend welche Spur rother Färbung in der Umgebung der sich auflösenden Asche auftreten zu sehen. Ebenso wenig sah man in ähnlich verdünnter mit Ferrocyankalium versetzter Salzsäure dabei blaue Farbe auftreten.

Wir haben uns allerdings keine Salzsäure verschaffen können, welche nicht an sich vor dem Hineinhalten der Retinaasche schon die entsprechende Eisenreaction gegeben hätte, die Säure war aber doch so rein, dass die schwachen Färbungen des Reagens nicht störten. Dass die Probe für ausserordentlich geringe Quantitäten Eisen ausreiche, sahen wir, als wir sie mit einer winzigen Menge Blut, mit einem Gerinnsel vom Frosche, das noch nicht $^1/_{20}$ vom Volum einer Retina betragen mochte, oder mit einigen Netzhäuten, deren Hyaloïdea erhalten geblieben, und Blutkörperchen aufwies, anstellten. Damit trat die Reaction so gut ein, dass man nicht nur einen rothen Hof gleich nach dem Eintauchen des Drahtes um dessen Ende entstehen, sondern auch einen feinen rothen Faden in der Lösung auf den Boden des Porzellantiegelchens, das sie enthielt, sinken sah.

Mehr Material gewannen wir aus Kaninchennetzhäuten, indem wir die im vorigen Capitel erwähnten Optogramme, welche zu nichts mehr dienten, von den Porzellanschälchen, auf die sie angetrocknet waren, mit einem Platinmesser abschabten. Da diese Retinae nur in der Papille und in dem weissen Balken markführender Nerven Blutgefässe enthielten, brauchte man nur diesen zurückzulassen, um blutfreies Material zu gewinnen. Der Alaun, welcher zum Härten gedient hatte, war sehr rein und gab in gesättigter Lösung kaum deutlichere Eisenreactionen, als die zum Auflösen der Asche verwendete Salzsäure. Die Gesammtmenge des zu dem einzigen Versuche verwendeten Retinapulvers betrug lufttrocken 0,2 gr. Dasselbe wurde im Porzellantiegel verascht, der Tiegelinhalt mit wenig Salzsäure erwärmt, etwas verdünnt, durch ein sehr kleines eisenfreies Filter filtrirt und in 2 Hälften getheilt mit den beiden Eisenreagentien gemischt. In beiden war Zunahme der entsprechenden Färbung zweifellos, aber die Reactionen waren doch so schwach, dass nur von Spuren an Eisen die Rede sein konnte. Erwägt man, dass die Retinalgewebe an sich solche

Spuren enthalten können, dass ferner die Netzhäute mit stählernen Instrumenten aus dem Alaun, der sie angreift, hervorgeholt waren, so durfte ein geringer Eisengehalt schon erwartet werden. Wenn aber der Sehpurpur ein eisenhaltiger Körper wäre, hätte die Reaction mit der Asche einer so bedeutenden Anzahl Netzhäute, deren grösster Theil beim Optographiren farbig geblieben war, selbst wenn Schweiss resorbirt worden, erheblicher ausfallen müssen.

### Vom Einflusse der Temperatur auf den Sehpurpur.

Welches Interesse das Verhalten und etwaige Veränderungen der Retinafarbe oder des Sehpurpurs beim Erwärmen bieten, wurde in dem Vorhergehenden wiederholt berührt. Unsere Versuche darüber sind in dem Folgenden zusammengestellt.

Frische Retinae von Dunkelfröschen wurden mit der Stäbchenseite gegen die Wand kleiner geschlossener Glasröhrchen, deren Boden etwas Wasser bedeckte, geklebt und die letzteren in ein grösseres Wasserbad getaucht. So wurde gefunden, dass die Stäbchenschicht sich in sehr kurzer, nicht zu bestimmender Zeit bei 76° C. im Dunkeln vollkommen entfärbte; sie war dann meist ohne jede Spur von Gelb und opak. Bei 75° C. geschah dasselbe in 1 Min., bei 71° C. in 5 M., bei 70° C. in 8 Min., bei 65° C. erst in 30 Min., bei 60° C. in 1 Stunde, bei 53° C. und 52° C. erst in mehreren Stunden. Bei 51° C. und 50° C. schien ausser dem Opakwerden gar keine Veränderung mehr zu erfolgen. Zwischen 65° C. und 70° C. ging dem vollkommenen Erblassen immer ein Stadium voran, in welchem die Farbe gelb oder chamois aussah.

Da die Erwärmung der Glasröhrchen einige Zeit in Anspruch nehmen musste, bevor die Retina die Temperatur des Bades annahm, wurde eine zweite Versuchsreihe so ausgeführt, dass man die Präparate in weite kurze Röhrchen, welche bereits

erwärmte halbprocentige NaCl-Lösung enthielten, versenkte. Momentane Bleichung wurde jetzt schon bei 74° C. beobachtet, bei 72° C. Bleichung in 1 Min., bei 70° C. in 3 Min., unterhalb welcher Temperatur die Veränderungen in derselben Weise und in denselben Zeiten verliefen, wie früher. In destillirtem Wasser fiel die Reihe genau so aus, ebenso in NaCl von 10 p. Ct. und von noch stärkerer Concentration. 52° C. schienen überall die niederste Temperatur zu sein, die noch Farbenveränderung erzeugte.

Sehpurpur von je 30 Froschnetzhäuten in 1 C.C. 2procentiger Galle gelöst, zeigte in schmale, dünnwandige Glasröhrchen gefüllt, folgendes Verhalten. Bei 72° C. trat momentan Entfärbung ein, bei 70° C. in 2 Min., bei 66° C. in 3 Min., bei 63° C. in 10 Min., bei 54° C. in 30 Min. sehr helle Chamois-Farben, bei 53° C. in ebenfalls 30 Min. etwas gesättigteres Chamois, bei 50° C. in mehreren Stunden keine Veränderung.

Die untere Grenze der Zersetzungstemperaturen ist also bei der Purpurlösung dieselbe, wie für den Purpur in den Stäbchen, während die höheren Temperaturen von 63° C. an auf die Lösung energischer, als auf die Netzhautfarbe wirken.

Von sehr bedeutendem Einflusse auf die Zersetzungstemperatur sind Zusätze von Alkalien und Säuren und zwar von solchen, welche bei niederen Temperaturen den Purpur nicht verändern.

Wurde zu $^1/_2$procentiger NaCl-Lösung 1 p. Ct. trockener Soda gesetzt und auf 60° C. erhitzt, so erblich eine Retina darin schon in 6 Min., bei einem Sodagehalte von 4 p. Ct. in 4 Min., ebenso schnell, wenn die Salzlösung 5 p. Ct. lufttrockenen kohlensauren Ammoniaks enthielt. In der letzteren Mischung wurde die Netzhaut bei 55° C. in 20 Minuten farblos, bei 47° C. in 90 Min. chamois, in 3 Stunden entfärbt. Lösungen, welchen 5 Vol. p. Ct. starken Ammoniaks zugesetzt waren, entfärbten sich bei 65° C. in 2 Min., bei 47° C. in 1 Stunde.

Die NaCl-Lösung mit 1 p. Ct. Essigsäure angesäuert, färbte die Retina bei 47° C. in 20 Min. gelb, ebenso mit 2 p. Ct. der Säure und derselben Temperatur in 10 Min., bei 55° C. in 5 Min., bei 60° C. in 2 Min., bei 65° C. in 2 Min. weiss.

In ganz ähnlicher Weise wurden durch die genannten Zusätze die Zersetzungstemperaturen der Purpurlösung beeinflusst.

Die schon genannte Lösung von 2 p. Ct. Galle mit dem gleichen Volum Sodalösung von 4 p. Ct. versetzt, also auf 1 p. Ct. Galle und 2 p. Ct. Soda gebracht, wurde bei 60° C. in 2 Min., bei 47° C. in 5 Min., bei 45° C. in 10 Min. gänzlich entfärbt. Durch Verdünnen auf 1 p. Ct. Soda gebracht, wurde sie bei 50° C. in 5 Min. entfärbt. Zusatz einer sehr kleinen Menge $NH_3$ zur ursprünglichen Purpurlösung, so dass sie gerade deutlich darnach roch, bewirkte, dass sie bei 53° C. in 2 Min. entfärbt, bei 44° C. in 30 Min. hell lila wurde. Durch grössere Mengen $NH_3$ schien die überhaupt noch wirksame Temperatur nicht unter 40° C. herabgedrückt zu werden.

Eine Probe der Purpurlösung mit so viel verdünnter Essigsäure versetzt, dass sie gerade anfing, durch ausgeschiedene Gallensäuren opalescent zu werden, jedoch bei Zimmertemperatur unveränderlich in der Farbe blieb, wurde bei 53° C. augenblicklich, bei 42° C. in 5 Min. ganz farblos.

Der Gang der Farbenänderung beim Erwärmen zeigt unzweideutig, dass da dieselben Zersetzungsprodukte, wie beim Belichten aus dem Purpur entstehen, denn es geht auch hier, wenn der Vorgang langsam genug verläuft, die Farbe erst durch Gelb zum Weiss und dies hat dieselben Zwischenfarben von reinem Roth durch Orange und Chamois zur Folge, welche schon so oft erwähnt wurden. Wie beim Belichten ist die gelbe Farbe weniger auffällig in der Purpurlösung, als an der Netzhaut, aber hier, wie dort ist es das Sehgelb, das sich überall relativ schnell, auch

bei den niederen Temperaturen, bildet und welches die längere Zeit erfordert, um ganz zersetzt zu werden, bis nichts Farbiges übrig bleibt. Wie wir nur unter gewissen Umständen durch Licht ausschliesslich Sehgelb ohne Sehweiss zu erzeugen vermochten, so gelang es auch durch Erwärmen nicht, Retinae in den Zustand zu bringen, wo die Fluorescenz erloschen gewesen wäre. Indess haben wir noch keine Gelegenheit gefunden, festzustellen, ob durch totale Wärmebleichung die Fluorescenzerscheinungen der vollendeten Lichtbleiche erzeugt werden können. Wenige Versuche, zu denen uns der Sonnenschein bis jetzt kommen gelassen, welche mit 70° C. begonnen wurden, scheinen anzudeuten, dass die Fluorescenz ganz verloren geht, so dass das Sehweiss als in dieser höheren Temperatur ebenfalls zersetzlich anzusehen wäre.

Im Anschlusse hieran wurde beachtet, wie Erwärmen bei Entziehung des Wassers wirkt. Auf Glasplättchen angetrocknete Netzhäute vom Frosche neben wasserfreier Phosphorsäure eingeschlossen, zu entfärben, gelang bei 100° C. in mehreren Stunden nicht; die Präparate wurden nur orange, höchstens gelb, blichen aber wieder befeuchtet am Lichte in einigen Stunden, trocken erhalten nach einigen Tagen vollkommen aus. Als wir die trockenen Membranen von 50° C. an aufwärts bis auf 75° C. erhitzten, um den Einfluss der Abwesenheit des Wassers auf die Zersetzungstemperatur überhaupt kennen zu lernen, stellte sich heraus, dass der Purpur erst bei etwa 70° C. anfing verändert zu werden; nach 10 Min. war das Umschlagen zu reinem Roth, nach 1 Stunde das Auftreten von Orange bemerklich, doch können wir keine recht bestimmten Angaben über Grenztemperaturen machen, weil es ungemein schwierig ist, die so langsam und mit wenig verschiedenen Nuancen charakterisirte Aenderung an dem gerunzelten Objecte deutlich zu erkennen. Mit den Glasplättchen in absolutes Glycerin versenkt, zeigten die Retinae bei 65° C.

in 2—3 Stunden keine Veränderung; bei 75° wurden sie darin nach 30 Min. fast farblos.

Tagelang in gesättigter NaCl-Lösung gehaltene Netzhäute, in demselben Medium erwärmt, zeigten bei 65° C. nach 30 Min. die erste Veränderung, wurden nach 40 Min. chamois, nach 50 Min. heller, nach 60 Min. noch heller chamois bis gelb, nach 1½ Stunden ganz farblos. Bei 75° C. trat die erste Farbenänderung in 5 Min., bei 80° C. in 4 Min. ein. In 6 Min. ging die Farbe bei 80° C. in Gelb über, in 8—10 Min. zu Weiss. Es giebt hier also ähnliche Verlangsamungen, wie beim Belichten gesalzener Netzhäute.

Durch Erwärmen gelb oder farblos gewordene Netzhäute und Purpurlösungen nehmen im Dunkeln kühl gehalten niemals wieder Färbung an.

Bei 45° C. wird die Netzhaut des Frosches ohne Farbenänderung der Stäbchen schnell weisslich und viel undurchsichtiger als durch Absterben bei Zimmertemperatur. Es bleibt zu untersuchen, in welchen Schichten und Geweben diese der Wärmestarre entsprechende Veränderung vor sich geht.

### Vom Einflusse der Temperatur auf die Lichtbleiche.

Unter 0° liegende Temperaturen scheinen nur Einfluss auf die Bleichungszeiten der Froschnetzhaut im Lichte zu haben, wenn die Gewebssäfte gefrieren. In diesem an der weisslichen Rosafarbe gleich zu erkennenden Zustande sahen wir die Farbe noch etwas langsamer als an in gesättigter Salzlösung gehaltenen Präparaten durch Sonnenlicht verschwinden. Nach dem Aufthauen, während die Temperatur auch im Präparate sicher noch unter 0° stand, konnten wir keine wesentliche Verlangsamung der Lichtwirkung gegenüber der in Zimmertemperatur gewöhnlich stattfindenden wahrnehmen. Einige Versuche der Art wurden mit dem Sonnenspectrum angestellt, und zwar so, dass das von

einem Metallspiegel nach abwärts reflectirte Spectrum zur Hälfte seiner Breite auf eine mattweisse silberne Rinne fiel, die auf einer Kältemischung stand, zur andern Hälfte auf einen Porzellanstreif, der über ein Gefäss mit Wasser von 30° C. gelegt worden. Wenn die am Boden der Silberrinne angefrorene Netzhautreihe wieder so weit aufgethaut war, dass die Membranen durchsichtig und feucht schienen, während ein nebengesetzter Wassertropfen noch anfror, beobachteten wir keine regelmässigen zeitlichen Unterschiede der Ausbleichung in den einzelnen Spectralfarben zwischen diesen Membranen und den auf der Porzellanplatte ausgebreiteten.

Wesentlich anders gestalteten sich die Bleichungszeiten für höhere Temperaturen, und hier musste man vor Allem wissen, ob sich Unterschiede ergäben für die unter Homöothermen und Poikilothermen gewöhnlich vorhandenen Temperaturdifferenzen. Zu dem Ende befestigten wir wieder Froschnetzhäute mit der Aussenfläche gegen die innere Wand kleiner feuchter Röhrchen, verschlossen diese und versenkten sie unter Führung an durch den Kork gesteckten Glasstäben in grosse Bechergläser mit verschieden temperirtem Wasser. Vor dem Belichten wurden die Röhrchen so lange eingetaucht erhalten, dass auf Gleichheit der Temperatur des Präparates mit der des Bades zu rechnen war. Die Beleuchtung geschah durch stark gedämpftes Tageslicht, das man plötzlich durch Oeffnen einer kleinen Klappe im Fensterladen in's Dunkelzimmer treten liess. Um gleicher Belichtungen bei den Präparaten sicher zu sein, wurden die Versuche durch Vertauschen des Platzes der Gläser controlirt.

Wir fanden so bei 40° C. auf der einen, 10° C. auf der andern Seite, die wärmere Netzhaut nach 1 Min. etwas weiter in der Bleichung vorgeschritten, gelber als die andere, welche noch recht orange aussah; nach 3 Min. war die Differenz grösser, indem die erste blass strohgelb, die zweite noch chamois gefärbt

war. Erst nach 10 Min. waren beide vollkommen entfärbt, aber es war während dieser langen Zeit immer zu bemerken, dass die wärmere Netzhaut der Ausbleichung näher war. Wir haben nach vielfacher Wiederholung des Versuches keinen Zweifel an der Constanz der Unterschiede.

Für Temperaturen von 37°, 37,5° und 38° C. gegen 10—12° C., auf welche es am meisten ankam, können wir die grössere Lichtempfindlichkeit den wärmeren Netzhäuten nicht entfernt mit der Bestimmtheit zuschreiben, wie für 40° C. Wohl hat uns, was wir sahen, im Allgemeinen den Eindruck hinterlassen, dass die Bluttemperaturen die Lichtbleiche etwas beschleunigen, indem namentlich der Umschlag des Purpurs in Roth oder Orange bei 10° C. langsamer erfolgte, ja wir glauben solche Unterschiede für 10—12° und 35° C. noch zugeben zu dürfen. Auffällig sind die Differenzen aber nicht, bei sehr schwachem Lichte nach 10 bis 20 Sec. höchstens zu bemessen und hinsichtlich der totalen Entfärbung erhielten wir zuweilen selbst umgekehrte Resultate. Oben wurde schon bemerkt, dass Erwärmen die fortschreitende Indolenz des Sehgelbs begünstigt, und diess bildet eben für alle dem ersten Farbenwechsel folgende Stadien ein störendes Moment. In einem bei 40° C. angestellten Versuche wurde dieser Uebelstand so zu umgehen versucht, dass erst beide Netzhäute im Dunkeln etwa 20 Min. bei der höheren Temperatur gehalten und dem Lichte ausgesetzt wurden, als die eine auf 12° C. wieder abgekühlt war. Jetzt wurde die warme nach 30 Sec. gelb, während die andere noch gelborange war; nach 5 Min. war die erstere blass strohgelb, die kalte chamois und erst nach 8 Min. waren beide gleich, d. h. nahezu farblos. Besondere Undurchsichtigkeit hatte diese Erwärmung an den Präparaten nicht erzeugt.

Um die Entstehung des indolenten Farbstoffes oder die Fixirung des Sehgelbs ganz zu vermeiden, nahmen wir an Stelle der Netzhaut die Lösungen des Sehpurpurs in 2procentiger Galle.

Bei 40° und 10° C. war der Farben-Unterschied alsbald ausgeprägt, nach 90 Sec. höchst auffallend und nach 5 Min. noch vorhanden, indem die warme Probe kaum gelblich, die kältere deutlich chamois erschien. Bei 38° C. gegen 10° C. und ebenso langsam wirkendem Lichte war gleichsinnige Differenz auch noch im Anfangsstadium zu bemerken, am deutlichsten jedoch zur Zeit des Ueberganges vom Gelb zur Farblosigkeit. Die letztere Beobachtung veranlasste uns am meisten das schnellere Reagiren der Netzhautfarbe lebender Warmblüter in noch andern Gründen, als in der Bluttemperatur an sich zu suchen (vergl. d. vor. Cap.).

Je weniger ins Auge fallende Unterschiede die genannten sehr bedeutenden Temperaturdifferenzen für die Purpurbleiche im Lichte ergeben hatten, um so mehr musste die erstaunliche Steigerung der Lichtempfindlichkeit überraschen, welche bei sehr geringen Differenzen durch Annäherung an die Zersetzungstemperatur gefunden wurde. Diese Zunahme ist so bedeutend, dass mittelst derselben aus Sehpurpur vermuthlich das feinste Reagens auf Licht, das es überhaupt geben kann, herzustellen sein wird. Die folgenden dies belegenden Versuche wurden alle mit vorher im Dunkeln gleichmässig erwärmten Präparaten ausgeführt, von denen jedesmal das eine abgekühlt worden, während das andere auf der gewünschten Temperatur blieb, wenn das Licht zutrat. Nur die erste Beobachtung, welche uns das Opakwerden der Froschnetzhaut bei 45° C. beachten lehrte, was Unterschiede in der Lichtbleiche zur Folge haben konnte, insofern die weisse Retina zum Reflector der zum Lichte gewendeten Stäbchenschicht zu werden vermag, war ohne die genannte Vorsicht gewonnen. Was es da zu sehen gab, war aber so auffallend, dass wir sogleich wussten, hier könne weder innere Lichtreflexion, noch das verschiedene Aussehen opaker und durchsichtiger Farbenflächen wesentlich sein. Die eine Retina war während der Belichtung wegen der noch unvollkommenen Ein-

richtungen von 49° C. auf 43° C. abgekühlt, die andere constant bei 11° C. erhalten. In dem stark gedämpften Lichte zeigte sich die erwärmte nach 4 Min. total ausgeblichen, während die andere nach 5 Min. noch rothorange, nach 10 Min. intensiv chamois, nach 25 Min. noch hellgelb aussah.

An vorher zusammen erwärmten, aber zur möglichsten Vermeidung des Indolentwerdens nachträglich gebildeten Sehgelbs nur kurze Zeit der höheren Temperatur ausgesetzten Präparaten beobachteten wir Folgendes:

| Netzhaut. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A. | bei 45° C. | in 4 Min. | | entfärbt. |
| | B. | — 12° C. | „ 12 „ | | noch hell chamois. |
| 2 | A. | — 50° C. | „ 1 „ | | ganz entfärbt. |
| | B. | — 12° C. | „ 1 „ | | orange, in 10—12 Min. ganz entfärbt. |
| 3 | A. | — 50° C. | „ 40 Sec. | | gänzlich gebleicht. |
| | B. | — 11° C. | „ 1 Min. | | chamois, in 3 Min. farblos. |
| 4 | A. | — 50° C. | „ 30 Sec. | | vollkommen entfärbt. |
| | B. | — 12° C. | „ 12 Min. | | entfärbt. |

Selbstverständlich sind nur A. und B. derselben Ziffer zu vergleichen, da die Lichtintensität von einem Paare zum andern ungefähr in dem Grade schwankte, wie es aus den zeitlichen Verschiedenheiten bei derselben Temperatur ersichtlich ist. Wir konnten nur auf das halten, was wesentlich und leidlich erreichbar war, nämlich dass die Intensität in der kurzen Zeit des Einzelversuches keine grösseren Schwankungen erlitt, indem wir nur bei stark und gleichmässig bezogenem Himmel arbeiteten.

Sehpurpurlösung in 2 pctg. Galle zur einen Hälfte bei 50° C., zur andern bei 12° C. exponirt, wurde in der ersteren in 30 Sec. vollständig entfärbt, in der letzteren nach 11 Min.

Soweit sich darüber urtheilen liess, beginnt die grosse Zunahme der Lichtempfindlichkeit des Purpurs etwa bei 45° C. und steigt in dem Maasse mit der Temperatur, wie diese der

Grenze zugeht, über welche hinaus Erwärmung an sich, also im Dunkeln die Zersetzung einleitet. Wir haben nur bis zu diesem Punkte genauere Versuche gemacht, denn es war uns aus den früheren Erfahrungen bekannt, mit welcher unglaublichen Geschwindigkeit die Retina und die Purpurlösung in stark gedämpftem Lichte verändert werden, wenn man denselben überschreitet. Begreiflich liegt darin eine unwillkommene Schwierigkeit der Temperaturversuche überhaupt und Anlass zu grosser Eile beim Besehen der Präparate, das keine zu geringe Lichtstärke erlaubt, wenn nicht Lichtwirkung für die der Temperatur gehalten werden soll. Einmal damit bekannt, haben wir die Schwierigkeit natürlich umgangen, indem wir die Objecte vor dem Besehen erst wieder abkühlten, wo die Erwärmung im Dunkeln keine allzuschnelle Veränderung voraussetzen liess.

Von den chemischen Mitteln, welche Sehpurpur für niederere Temperaturen zersetzlich machen, wurde besonders $NH_3$ benutzt. Pupurlösung mit so viel $NH_3$ versetzt, dass sie gerade deutlich Geruch darnach angenommen hatte, wurde z. B. bei $38^0$ C. in 20 Sec. gänzlich entfärbt, während eine abgesonderte in demselben Lichte bei $10^0$ C. gehaltene Probe erst nach 30 Sec. die Anfangsänderung, nach 90 Sec. Uebergang zu Chamois zeigte, und 4 Min. zur Entfärbung bedurfte. Lösungen mit grösserem $NH_3$-Gehalte wurden bei $40^0$ C. in sehr schwachem Lichte augenblicklich blassgelb, fast farblos, bei $10^0$ C. erst in 60 Sec. gelb und in 5 Min. entfärbt. Hier ist daran zu erinnern, dass ammoniakalische Purpurlösungen im Dunkeln unter $44^0$ C. nicht zersetzlich sind und dass der Zusatz in der Kälte sogar langsameres Bleichen der Netzhautfarbe durch Licht bedingt.

Die sonnenarme Jahreszeit verbot bis jetzt von der Empfindlichkeitssteigerung durch Erwärmen ausgedehnteren Gebrauch zu machen und das vor Allem wissenswerthe Verhalten erwärmter Netzhäute und Purpurproben im wenigst wirksamen

rothen Lichte genauer zu untersuchen. Bei einem Spectralversuche, der am 28. Nov. 12 Uhr mit guter Sonne anzustellen war, sahen wir auf 50° C. erhaltene Retinae im Gelbgrün nach 7 Min. ausbleichen, während dasselbe Licht auf Präparate von etwa 12° C. erst in 20 Min. wirkte. Ein im Roth von C liegendes Präparat zeigte sich innerhalb dieser Zeit so wenig verändert, wie eins, das zur Controle in dem dunkel gebliebenen Theile der Röhre, worin alle erwärmt wurden, lag. Dies spricht nicht grade für Steigerung der Lichtempfindlichkeit im Roth, doch wird darüber erst nach eingehenderen Beobachtungen und Heranziehung von Erwärmungen, welche die Zersetzungstemperatur überschreiten, zu entscheiden sein.

Es bedarf der Erwähnung kaum, welche grossen zeitlichen Unterschiede der Lichtbleiche herzustellen sind bei kleinen Temperaturdifferenzen, wenn man die letzteren an eine passende Stelle, z. B. von 44°—46° oder —, 50° C. legt.

### Chemische Einflüsse auf die Lichtbleiche.

An dieser Stelle wird passend noch über Ausbleichungsversuche mit dem Lichte unter einigen chemischen Einflüssen berichtet. Dieselben waren der einfachsten Art und können nur den Anfang weiterer in der Richtung zu unternehmender Untersuchungen darstellen, welche besonders festzustellen hätten, ob Reagentien, die in gewissen Concentrationen die Netzhaut im Dunkeln entfärben, es mit der Hülfe des Lichts schneller thun oder in an sich unschädlicher Concentration den Purpur lichtempfindlicher machen. Wir hatten Gelegenheit einen dahin zielenden Versuch mit dem Sonnenspectrum zu machen, als wir die Frage mit der Essigsäure begannen. Die Säure von $^1/_2$ bis 1 pCt. veränderte die Netzhaut im Dunkeln nur, indem sie das Gewebe weniger durchsichtig machte und den Purpur vielleicht erst in grosser absoluter Menge nach einigen Tagen verfärbt

hätte. Eine Reihe damit gesäuerter Retinae wurde auf einer Porzellanplatte neben einer andern Reihe mit Soda von 2 pCt. getränkter in das Spectrum gelegt und es fand sich, dass die Zeit, welche die Lichtwirkung in den einzelnen Farben in Anspruch nahm, auf der alkalischen Seite im Allgemeinen dieselbe war, wie auf der sauren; es gab aber einen auffallenden, das letzte Stadium der Bleichung betreffenden Unterschied, indem nämlich die gesäuerten Netzhäute im Gelbgrün bis Grün noch lange intensiv gelb blieben, als die alkalischen dort schon farblos waren und sich im Blau und Violet bereits entfärbt zeigten, als die alkalischen in diesem Spectraltheile noch hell chamois oder lila waren. Das sieht ganz so aus, wie wenn das Sehgelb, dessen Bildung die Essigsäure im Dunkeln einleitet und bei grösserer Concentration schnell hervorruft, wenigstens im blauen Lichte schneller auftritt unter Mitwirkung der Säure. Bemerkenswerth bleibt daneben die geringere Wirkung, welche gelbgrünes und grünes Licht auf dieses Sehgelb ausüben, und die Geschwindigkeit, womit es im blauen Licht verschwindet. Man hat hier also das Verhalten des Sehgelb reiner vor sich, wie gewöhnlich, wo es im Gange der Ausbleichung länger mit unzersetztem Purpur gemischt bleibt.

Eine Netzhautreihe, in einer Glasröhre längere Zeit im feuchten Kohlensäurestrome gehalten, zeigte nichts der Art und kein anderes Verhalten zu den Spectralfarben, wie in atmosphärischer Luft gehaltene.

Schliesslich wäre noch die Frage zu berühren, ob der Sauerstoff an der photochemischen Zersetzung des Sehpurpurs betheiligt ist oder nicht. Wenn man erwägt, wie wenig Purpur eine Froschnetzhaut vermuthlich enthalten kann und welche Spur von O nur anwesend zu sein braucht, auch wenn auf seine Gegenwart etwas ankommt, wird man davon abstehen, den atmosphärischen O durch Verdrängung mit $CO_2$, H oder N ent-

fernen zu wollen. Wir meinen aber auf anderem Wege die Betheiligung des O schon ausgeschlossen zu haben, als wir von der Lichtbleiche in Schwefelwasserstoffwasser und in Schwefelammonium berichteten. Um die Frage abschliessend zu erledigen, haben wir die Versuche mit verdünntem, von $SH_2$ vollkommen gesättigtem $NH_3$ wiederholt, und die Retina mit der Lösung in kleinen Fläschchen, deren Glaspfropf sehr vollkommen eingeschliffen, ohne Luftblase 24 Stunden im Dunkeln gehalten. Darauf im Fläschchen ans Licht gebracht, blich sie in derselben Zeit und in derselben Weise aus, wie eine unter denselben Verhältnissen in ebenso verdünntem $NH_3$ (ohne $SH_2$) gehaltene, unter Zutritt von Luft. Endlich haben wir den Versuch in einer klaren und farblosen Mischung von Zinnchlorür, Weinsteinsäure und überschüssigem $NH_3$ angestellt, was am Gange der Lichtbleiche auch keine Aenderung erzeugte.

Die einzige Ansicht, welche wir uns bis jetzt von dem photochemischen Zersetzungsprocesse des Sehpurpurs zu bilden vermögen, ist die, dass er in einer Wasserentziehung bestehe. Manche der von uns gefundenen Thatsachen scheinen dem freilich zu widersprechen, vor Allem die ausserordentliche Verlangsamung des Bleichens in Abwesenheit von Wasser. Es giebt aber eine Thatsache, welche uns stark dafür zu sprechen scheint: über Schwefelsäure oder über wasserfreier Phosphorsäure im Vacuum gänzlich getrocknete, jedoch noch rein purpurfarbene Netzhäute werden in absolutem Glycerin aufbewahrt, nach 24 Stunden etwa, unter strengstem Lichtschutze orangeroth, einige Tage später gelborange, noch später gelb, nach Wochen blassgelb. Auffallender ist die Veränderung an dem ebenso im Vacuum erhaltenen ganz getrockneten Rückstande von Purpurcholatlösungen, der für sich beliebig lange aufzubewahren ist, ohne an der purpurnen Nuance zu verlieren. Wird derselbe mit krystallisirendem Glycerin übergossen im Dunkeln über $SH_2O_4$

aufbewahrt und von Zeit zu Zeit mit einem Platindraht aufgerührt, so quillt er etwas an, setzt sich aber stets wieder zu Boden. Wir haben auch vergeblich versucht ihn dadurch in Lösung zu bringen, dass wir eine durch wochenlanges Stehen absoluten Glycerins über vollkommen getrockneter krystallisirter Galle bereitete, wasserfreie Gallenlösung, die sich so herstellen lässt, damit mischten und lange über $SH_2O_4$ darauf wirken liessen. Die glasigen Klumpen am Boden waren anfangs schön rosenfarben, wurden aber nach und nach immer mehr gelb, nach etwa 3 Wochen hellgelb, in welchem Zustande wir sie noch 2 Monate später erhalten fanden. An's Licht gesetzt, verloren sie nach einigen Tagen auch diese Farbe[1]). Da man an der im Glycerin liegenden

---

[1]) Es ist hier angenommen, dass die Entfärbung des Purpurs auf Entziehung des zur Constitution des Farbstoffes gehörigen Wassers durch die Wasseranziehung seitens des absoluten Glycerins beruhe. Wie hygroskopisch solches Glycerin sei, ist bekannt und lehrt jeder Wägungsversuch: man muss damit umgehen, wie mit Schwefelsäure. Ausserdem zeigt es einem anderen Körper gegenüber ein Verhalten, dessen Analogie mit dem zum Sehpurpur unverkennbar ist, ich meine das Eiweiss.

Es giebt manche gute Gründe für die von Vielen getheilte Meinung, dass coagulirtes Albumin das Anhydrid des coagulabelen, die Coagulation eine Wasserentziehung sei. Ich habe Eierweiss mit gerade so viel Weinsteinsäure versetzt, dass eine Probe durch Sieden vollkommen coagulirte, die klare Lösung bei 40° C. eingedampft, den Rückstand gepulvert über $SH_2O_4$ im Vacuum so lange getrocknet, bis er keinen Gewichtsverlust mehr erlitt, und dieses Albumin nach längerem Stehen in absolutem Glycerin löslich gefunden. Unter der Exsiccatorglocke gelang es davon in einigen Wochen eine klare Lösung vom Aussehen des besten Canadabalsams zu filtriren. Eine Probe davon in siedendes Wasser getaucht wurde fest und undurchsichtig weiss; das Eiweiss coagulirte indess anscheinend langsamer, als in wässriger Lösung. Vollkommen verschlossene Proben der nicht erwärmten Lösung wurden nach und nach immer trüber und steifer und sind jetzt nach $2^1/_2$ Jahren fast so fest und opak, wie die der Siedhitze ausgesetzten.

Mir scheint, dass auch die allmählige Zersetzung des Sehpurpurs beim Erwärmen und die plötzliche Entfärbung bei 74° C. gewisse Analogieen mit der Eiweisscoagulation bietet, ebenso die partielle oder langsame Veränderlichkeit des trockenen Farbstoffes bei 100° C., mit der unvollkommenen Coagulation des trockenen Albumins bei höherer Temperatur. *W. K.*

Retina gegen die Beobachtung misstrauisch wird, weil die dünne farbige Membran darin fast bis zum Verschwinden durchsichtig wird, ist auf die Erscheinung am Purpur selbst besonderes Gewicht zu legen. Das uns von dem Fabrikanten Herrn *Sarg* in Wien freundlichst geschenkte Glycerin bestand noch bei einigen Graden über 0° aus den schönsten, zolllangen Krystallen und erwies sich nach dem Verdünnen so unschädlich für Sehpurpur, dass wir es mit Vortheil zum Conserviren der sonst ausserordentlich fäulnissfähigen Purpurlösung benutzten. Ein gesättigtes Netzhautextract mit 5procentiger Galle bereitet, im Vacuum auf etwa $^1/_4$ concentrirt und mit dem Glycerin wieder aufgefüllt, giebt den herrlichsten Purpurlack, dessen Lichtempfindlichkeit man fast bedauern möchte.

---

Sehpurpur in der für chemische Untersuchungen nöthigen Menge zu gewinnen wird zwar sehr schwer halten und ungewöhnliche Opfer, freilich nur manueller Arbeit, kosten, scheint uns aber nicht unmöglich, denn es giebt eine Eigenschaft des Körpers, welche Aussichten auf seine Reinigung eröffnet. Der Sehpurpur ist nicht diffusibel.

Wir haben die Purpurlösung in kleine Dialysoren aus vegetabilischem Pergament gefüllt auf einige Cub.-Cent. Wasser oder farblose Galle gesetzt, diese nach mehrtägigem Stehen im Vacuum concentrirt und daran niemals Färbung beobachtet, während dieselbe über der Membran erhalten blieb. Wurden die Dialysoren in grosse Mengen zuweilen erneuerten Wassers getaucht, so verlor die Purpurlösung allen Geschmack nach Galle, und dieselbe fand sich in der dialysirten Flüssigkeit, wo sie leicht nachzuweisen war. In dem Maasse, wie dem Purpur die Galle entzogen wurde, trübte sich die Lösung von myelinartigen Ausscheidungen, ohne jedoch einen gefärbten Bodensatz zu geben.

Wir haben diese Flüssigkeiten bis heute nicht frei von Bacterien erhalten können. Im Vacuum verdunstet und wieder mit Wasser versetzt, bildete der Rückstand ein gallertiges, purpurfarbenes Magma, von welchem nur ungefärbte Filtrate zu gewinnen waren. Diese Masse dürfte als Material zur weiteren Reinigung des Purpurs zu benutzen sein, indem man die darin enthaltenen Albumine erst mit einer Spur Trypsin zu verdauen, die Verdauungsprodukte fort zu dialysiren und das Cerebrin nebst anderen dem sog. Myelin zugehörigen Stoffen mit Benzol zu entfernen hätte. Was dann übrig bleibt, müsste der Sehpurpur, mit einer Spur des verwendeten Trypsins verunreinigt, sein. Da die Netzhaut des Pferdes nach *H. Müller* u. *R. Berlin* (klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Beilage-Heft S. 4) nur im nächsten Umkreise der Papille Gefässe und Blut enthält, würde sich die Einrichtung eines Dunkelzimmers, worin nur die Purpurcholatlösung anzufertigen wäre, in der Nähe einer Pferdeschlächterei lohnen.

---

# Nachträge zu den Abhandlungen über Sehpurpur.

Von W. Kühne.

---

### Zu S. 31. Das Vorkommen des Sehpurpurs in der Thierreihe betr.

Die Netzhaut eines fusslangen, sehr munteren Petromyzon fluviatilis, der einige Stunden im Dunkeln gehalten war, zeigte dieselbe auffallend schwache Purpurfärbung, wie die des früher untersuchten, abgestorbenen Exemplars. Der Purpur ist hier also auch in normalen Verhältnissen entweder in sehr geringer Menge in den Stäbchen enthalten, oder es gibt ausser denselben andere, purpurfreie, vermuthlich den Zapfen zuzurechnende Elemente. Das etwas gesprenkelte Aussehen der Hinterfläche sprach für das Letztere, aber es konnte darüber bei dem ausserordent-

lich schnellen Abblassen der Farbe nicht entschieden werden. Trotz der geringen Sättigung des Purpurs war dessen stark zum Violet oder Bläulichen neigende Nuance auffällig. Im Lichte ging diese in Gelb über, das einige Minuten später gänzlich schwand.

Es ist bis heute unbekannt, ob wirklicher Sehpurpur bei Wirbellosen vorkommt. Die Beobachter der Cephalopoden- und Arthropodenretina beschreiben zwar die Färbung der Sehstäbe als vergänglich; es wird aber nirgends gesagt, ob das Licht Antheil daran habe, noch ob das Absterben und Faulen oder die Conservirungsflüssigkeit sie erst vernichteten. Nach den Beobachtungen am Krebsauge (S. 121) wird es sehr wahrscheinlich, dass die Farbe der Sehstäbe bei den Avertebraten im Allgemeinen lichtbeständig, also kein Sehpurpur ist; doch wird man sich, bis weitere Untersuchungen darüber vorliegen, noch des Nachdenkens über die Coëxistenz von Blutroth und Sehpurpur enthalten können.

**Zu S. 393. Unterschiede des Sehpurpurs vom Kaninchen und vom Frosche betr.**

Eine aus 4 frischen Kaninchennetzhäuten, mit Ausschluss des die Gefässe führenden Streifens, wo die markhaltigen Nerven liegen, in 1 Cub.-Cent. Galle von 2 pCt. bereitete Sehpurpurlösung erwies sich bei Körpertemperatur bedeutend lichtempfindlicher, als bei 7,5° C. Die Temperatur sank während des Versuchs von 38,5° C. bis 35° C. Dennoch wurde die Lösung in dem sehr gedämpften Lichte, das durch eine kleine mattverglaste Oeffnung aus grösserer Entfernung einfiel, schon in 10 Secunden sehr blass, in 20—25 Sec. hellgelb, in 2½ Min. ganz farblos, während die daneben in demselben Lichte bei 7,5° C. aufgestellte erst nach 2 Min. hellrosa, nach 2½ Min. gelblich und in 3½ Min. farblos wurde.

Hiernach ist kaum mehr zu bezweifeln, dass der Sehpurpur des Frosches und des Kaninchens verschiedene chemische Körper sind.

Beim Erwärmen ohne Licht verhält sich die vom Kaninchen erhaltene Purpurlösung auch nicht ganz so, wie die vom Frosche.

Erstere Lösung (in 5 pCt. Galle) wurde

bei 64° C. in 1 Min. hellgelblich,
„ 61° „ „ 2 „ „ ,
„ 58° „ „ 4 „ „ ,
„ 55° „ „ 5 „ nicht verändert.

Licht entfärbte diese Lösung, die eine Spur Hämoglobin zu enthalten schien, nicht vollkommen.

Eine andere mit 2,5procentiger Galle dargestellte Lösung aus Kaninchennetzhäuten wurde

bei 62° C. in 2½ Min. entfärbt,
„ 60° „ „ 5 „ „ ,
„ 58° „ „ 4 „ chamois bis rosa.

Zum Vergleiche hergestellte Purpurlösung vom Frosche, deren Farbe möglichst auf dieselbe Sättigung gebracht worden, sah nach 5 Min. langem Erwärmen auf 63° C. noch chamois aus.

**Zu S. 32, 105, 109, 177. Den Sehpurpur des Menschen betr.**

Aus nicht publicirten Mittheilungen mehrerer Augenärzte entnehme ich, dass anscheinende Abwesenheit des Sehpurpurs an soeben vom Lebenden enucleïrten (Dunkel-)Augen öfter bemerkt worden ist. Wenn über solche Fälle nichts an die Oeffentlichkeit kam und kommen wird, so liegt dies an der sehr gerechtfertigten Vorsicht und Gewissenhaftigkeit der Beobachter, die einerseits der normalen Beschaffenheit der betr. Netzhäute, andererseits der beim Loslösen der Membran vom pigmentirten Augengrunde befolgten Technik misstrauten. Wenn ich mich erinnere, wie absolut unmöglich es war, die Retina aus dem noch warmen Auge des Affen mit einiger Aussicht auf unbeschädigte Stücke herauszunehmen, so wird es mir wahrscheinlich, dass die Präparation am menschlichen Auge, so lange es noch recht frisch

ist, in vielen Fällen misslingen muss. Es sollte darum kein Beobachter, der damit zum Ziele kommt, versäumen, anzugeben, ob das, was loszulösen gelang, auch in normaler Weise mit den Aussengliedern der Stäbchen besetzt gewesen sei, wenn er die Abwesenheit des Sehpurpurs im Dunkelauge als erwiesen angenommen wissen will. Ich selbst war noch nicht in der Lage, lebenswarme Augen vom Menschen zu untersuchen und habe daher zufällig das günstigere Material verwendet, indem ich nach Conservirung des abgestorbenen Auges in Eis an die Beobachtung ging. Andere, wie *Donders*, haben sich mit Erfolg meines Verfahrens das Auge in Alaun zu legen, bedient, das mir indess der Kostbarkeit des Materials nicht angemessen scheint, da man sich damit des Vortheils mancher weiterer Beobachtung begiebt. Ich würde vorschlagen, das Auge einige Stunden in den Eiskasten zu legen, wenn der erste Versuch, die Retina continuirlich abzulösen, missglückt. Da das Haften des Pigmentepithels an der Stäbchenschicht ohne Frage der Grund der Schwierigkeiten ist, so wird bei der mehr erwähnten bräunlichen Beschaffenheit des menschlichen Sehpurpurs zur Aufklärung des Widerspruches, der darin gegen unsere Beobachtungen liegt, anzugeben sein, ob die bräunlichen Stellen nach dem Zerdrücken kein zwischen die Stäbchen abgeschichtetes Pigment enthielten.

Die Angabe einiger Beobachter (*Horner* u. A.), dass die menschliche Netzhaut unvergleichlich schwächer gefärbt sei, als die des Kaninchens, stimmt im Allgemeinen mit unseren Erfahrungen nicht überein. Ich möchte aber eine Concession machen, welche den Widerspruch lösen kann. Wo viele Stäbchen neben einander liegen, kann man nicht zweifeln, dass die Stäbchenschicht des Menschen tiefer gefärbt, violetter ist, als beim Kaninchen, besonders für den mikroskopischen Anblick; die Membran im Ganzen aber sieht mehr gesprenkelt aus, wenn man es so nennen darf, mehr einem hellen Gewebe ähnlich, worin die

dunklere Farbe eingeschossen ist, während sie beim Kaninchen weit homogener ist. Nach eigenen Beobachtungen kann ich z. Z. nicht entscheiden, wie es um die Zapfen beim Kaninchen steht; da aber nicht bezweifelt wird, dass der Mensch unter den Säugern besonders viele Zapfen zwischen den Stäbchen besitzt, muss die intensivere Farbe der letzteren im Ansehen der ganzen Fläche durch die vielen farblosen Zapfen modificirt werden. So sind die von einander abweichenden Angaben verträglich ohne die bedenkliche Meinung zu begünstigen, dass die Stäbchen des Menschen purpurärmer, als die anderer Säuger seien.

**Zu S. 32, 35, 105, 109. Das Fehlen des Sehpurpurs in der fovea centralis und in der ora serrata betr.**

Diese Beobachtung ist, mir sehr erfreulicher Weise, seither von *Donders* (Beilageheft d. klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Jhrg. S. 156) vollkommen bestätigt, ebenso die Abwesenheit des Sehpurpurs in allen Zapfen; wo die Mittheilung von dem letztern Punkte und den wichtigen daraus gezogenen Folgerungen handelt, ist nicht zu ersehen, dass *Donders* nur über vor ihm von mir Gefundenes und Gesagtes berichtet und es wird die Angabe der Quelle, welche ihn leitete, um so mehr vermisst, als er sich beflissen zeigt, dieselbe bei einer Nebensache (der Verwendung des Alauns) zu nennen.

**Zu S. 49 u. A. Die Farbe der Retina, des Sehpurpurs, insbesondere das Chamois betr.**

In der Physiologie, wie in der Physik begegnet man der Angabe, die Empfindung, welche das am wenigsten brechbare Licht erzeuge, neige der von dem anderen violetten Ende des Spectrums hervorgerufenen zu, oder wir sähen das Anfangsroth des Spectrums mit purpurner Nuance. In dem Namen Scharlachroth scheint diese Meinung ausdrückliche Bezeichnung zu erhalten. Da meine Empfindung sich in diesem Lichte ebenso frei

von der leisesten Purpurnuance weiss, wie die vieler anderer Forscher, kann ich darüber nicht urtheilen, aber ich glaube hervorheben zu dürfen, dass ein Mittel, welches bei zweifelhaftem Roth entscheidet, ob darin Purpur enthalten ist, bei dem ersten sichtbaren Spectralroth fehlschlägt und für Jedermann, den ich darum befragte, fehlschlug.

Abgesehen von der bekannten Unmöglichkeit aus dem äussersten Roth mit Grün, das kein Blaugrün enthält, Weiss zu erzeugen, während Zumischung von Violet, also von Purpur das entstehende Gelbweiss sogleich in reines Weiss verwandelt, muss ich mich auf das Aussehen des Roth vor A und a berufen, welches es in der Mischung mit Weiss annimmt. Wir haben auf ein sehr reines durch Abblendung für sich betrachtetes Anfangsroth, das gerade noch A einschloss, weisses Licht verschiedener Intensität fallen lassen, indem wir von einem zweiten Spalte das Licht eines andern Heliostaten dazu treten liessen. Da der Spiegel dieses Instrumentes aus einer hinten versilberten dicken Glasplatte bestand, warf es eine Anzahl durch Reflexion an den beiden Glasflächen entstandener, sich überschneidender Sonnenbilder von abnehmender Lichtstärke auf den schmalen rothen Streif, der vom Spectrum übrig gelassen war und erzeugte damit eine Reihe der verschiedensten Mischungen von Roth und Weiss. An diesen Abstufungen war nichts als der Uebergang des Roth durch Orange allenfalls zu Gelbweiss zu erkennen, das letztere da, wo am meisten Weiss hinzukam. Ebenso war die Sache, wenn man in irgend einer anderen Art, z. B. mit einer achromatischen Linse das Bild der Sonne oder des zweiten Spaltes zur Spectralfarbe treten liess. Durch Verengen der Spalte, besonders des für das Spectrum dienenden, war es möglich, eine fast unbegrenzte Zahl von Abstufungen dieses Rothweiss zu erhalten, aber es trat darunter niemals eine der Nuancen auf, welche Purpur mit Weiss gemischt gibt, d. h. kein Rosa, Lila oder Chamois.

Es ist leider schwierig, das Wort „Chamois“ durch ein anderes zu ersetzen, da der Name in der Färberei und bei Gegenständen, wo die Farbe genannt werden muss, einmal gebräuchlich und in den helleren Nuancen fast ohne Synonym ist. Was ist diese Farbe? Ich meine man wird sie ebenso zu den Farben im physiologischen Sinne rechnen müssen, wie den Purpur und damit eine zweite Farbe aufstellen, welche im Spectrum nicht vorkommt und welche wie der Purpur nur durch Mischung zu erhalten ist. Das Chamois entsteht aus Violet oder Purpur plus Gelb. Da reines (nicht grünliches) Gelb und Violet nicht complementär sind und kein Weiss geben, sondern nur eine weissliche Nuance, so könnte die aus der Mischung resultirende Empfindung, wie die aus Roth mit nicht complementärem (reinem) Grün entstehende gelbweiss, oder wie die aus Cyanblau und reinem Gelb grünlich ist, einer zwischen Gelb und Violet gelegenen Spectralfarbe, mit Weiss verdünnt entsprechen. Das thut sie aber nicht; es ist darin nichts Bläuliches oder Grünliches, weder beim Ueberwiegen der einen noch der andern Componente, sondern der Eindruck ist ein neuer und vielleicht in auffälligerer Weise neuer, als wenn man Roth und Violet mischt: er ist chamois.

Wir haben spectrales Gelb, das freilich sehr schmal ausfällt, wenn man weder grünliche noch orange Tinten darin haben will, mit spectralem Violet gemischt und das weissliche Feld sehr deutlich chamois gefunden, von etwas mehr gelblicher Nuance, wenn wenig Orange hinzukam, weisslicher, wenn der Spalt grünliches Gelb zuliess. Am schönsten erhielten wir das Chamois aus einfarbigen Quellen, wenn wir das durch Abblendung aller anderen Spectralfarben erhaltene Violet im Lichte der Natronflamme besahen und in allen denkbaren Nuancen, wenn dazu noch Weiss verschiedener Intensität aus dem zweiten Spalte kam. So erklärt sich auch das Entstehen von Chamois aus dem Purpur durch Verdünnen mit Weiss, das um so deutlicher wird, je röther

der Purpur war, denn das Violet wird dann lila, das Roth gelb, und Lila mischt sich mit Gelb zu hellem Chamois. Purpur aus den beiden Enden des Spectrums zusammengesetzt wurde nach der genannten Methode mit Weiss von verschiedener Intensität gemischt, auch chamois, um so auffälliger, je weniger Violet, oder je gelberes Roth dazu genommen worden. Erst wenn das Roth sehr zurücktrat, was sich durch Verengung des betr. Spaltes am Doppelspalte herstellen liess, oder wenn es das an sich lichtschwache des äussersten rothen Endes war, gab die Zumischung von Weiss reineres Lila. Man sieht hier, welche Macht das Gelb in der Mischfarbe besitzt und wird an den bekannten Versuch erinnert, der das schöne Roth des Quecksilberjodids bei mässigem Tageslicht in Gelb verwandelt, wenn ausserdem Natronlicht darauf fällt.

*Helmholtz* bezeichnet die Mischung von Gelb und Violet als weissliches Rosa (Physiol. Optik. S. 279), was nach dem oben Gesagten kein Widerspruch mit unserer Ausführung ist, da es von dem Verhältniss oder der Beschaffenheit des Roth in der Mischung mit Violet abhängt, ob der weissliche Purpur (Rosa) mehr in Lila oder in Chamois schlägt. Bei natürlichen Objecten, unter welchen die Rosen, besonders manche Theerosen ein gutes Beispiel sind, zweifelt Keiner, dass es mehr oder minder gelbliche Nuancen des Rosenroth gibt, die man sich durchaus nicht versucht fühlt, deswegen dem reinen Roth zu- und dem Purpur oder Rosenroth abzusprechen. Man geräth da höchstens in Zweifel, wenn die Farben sehr gesättigt sind, während man sie in Mischung mit Weiss auch bei sehr stark gelblicher Nuance niemals Gelbroth sondern gelblichrosa, d. h. chamois nennen wird. Es ist nicht schwer, sich alle diese Nuancen des mehr oder weniger gelben Chamois auf der Farbenscheibe mit Grau gemischt herzustellen, wenn man mit den *Maxwell*'schen Scheiben Violet, Purpur oder Rosa mit gutem Gelb in der verschiedensten Weise zusammenstellt; man kommt da selbst

zu einem ganz homogenen Braun, von dem Jeder sagen wird, dass es auch Violet enthalte, ohne das darin enthaltene Gelb verkennen zu können und zu denjenigen Nuancen, welche unter den Interferenzfarben ausser dem Nussbraun, Rothbraun oder Gelbbraun noch als Braun besonderer Art zu unterscheiden sind.

Das Mischen mit Weiss bildet ein gutes Mittel, um zu erkennen, ob in einem Purpur das Roth oder das Violet überwiege und es ist daher von besonderem Interesse zu wissen, dass der Sehpurpur durch Verdünnen nicht chamois, sondern lila wird. Es beweist dies, dass der Sehpurpur relativ geringe Rothempfindung, mehr Violetempfindung erzeugt, was auch in Uebereinstimmung mit seinem Spectralverhalten ist, welches schwache Absorption von Violet und Absorption des Roth von D bis C hin nachweist. Jede im Sehpurpur oder in der Netzhautfarbe durch optische Verdünnung kenntlich zu machende Spur von Chamois bezeugt daher die Zumischung von Sehgelb, also Zersetzung und photochemische Aenderung, wenn andere Einflüsse, als das Licht ausgeschlossen sind. Wird der Sehpurpur roth, so kann dies ferner auch nur an der Entstehung von Sehgelb liegen, und die Farbe würde kein tiefes Roth sein, wenn schon erhebliche Mengen von Sehweiss gebildet wären. Da die Farbe solcher rother Netzhäute mit Weiss gemischt nicht in Gelb, sondern in Chamois umschlägt, so enthalten sie entsprechend der geringen photochemischen Zersetzung, die sie zu erzeugen pflegt, neben wenig Sehgelb, also noch überwiegend unzersetzten Purpur. Es ist daher gänzlich falsch, solche durch Unvorsichtigkeit am Lichte scheinbar roth gewordene Retinae für imprägnirt mit einem rein rothen Farbstoffe zu halten, denn die Verdünnung lehrt, dass sie sogar noch recht reich an gutem Purpur sind[1]).

---

[1]) Auf Taf. 7 ist der Versuch gemacht die Resultate der in den Abhandlungen ausgeführten spectroskopischen Analyse des Sehpurpurs und des Sehgelbs durch eine die Absorption ausdrückende Curve bildlich darzustellen.

Da die Empfindung des Chamois keine gesättigte ist, wie die von den Spectralfarben und dem Purpur erzeugte, insofern die helleren Nuancen immer weisslich sind, die dunkleren nicht anders als mit Grau zur Wahrnehmung kommen, findet sich für sie auf der Farbenscheibe allenfalls noch Platz. Auf der von *Helmholtz* dargestellten Scheibe (Physiol. Optik. S. 282) z. B. wäre das Chamois auf dem mit „Rothweiss" bezeichneten Felde unterzubringen, soweit Purpur + Roth + Orange, hinlänglich mit Weiss gemischt, Anklänge an die Farbe geben. Meine Erwartung, das Chamois auf der *Chevreul*'schen Tafel (Mém. d. l'Acad. d. Sc. XXIII, 1861), deren Construction durch das praktische Bedürfniss der Gobelins veranlasst worden, vertreten zu finden, wurde schon durch die Bemerkung S. 130 der sonderbaren Abhandlung getäuscht, welche die fragliche Farbe zum Orange und Gelborange stellt, ohne des Purpur oder des Violet zu gedenken; auf der Farbenscheibe *Chevreul*'s war mir das Fehlen der Farbe um so auffälliger, als ich mich erinnere, von keiner so erstaunlich feine und zahlreiche Nuancen in den Spulenkästen der berühmten Manufactur gesehen zu haben, wie von dieser. Man braucht übrigens nur an die andere, meist mit fester Farbenclaviatur arbeitende Technik, an die Pastellmalerei und an die grosse Auswahl chamoisfarbener Stifte, deren sie zur Nachahmung der Natur bedarf, zu erinnern, um zu zeigen, wie verbreitet die Farbe ist; sog. Fleischroth und die Fleischtöne fallen zum guten Theile in die Empfindung des Chamois, ebenso die zweifelhaften Nuancen des Isabellgelb, der Nankingfarbe, gewisser Zimmtfarben und des sog. Havannah.

In einer mir kürzlich zugekommenen sog. internationalen Farbenscala von *Radde* (Hamburg-Paris) finde ich ebenfalls das Chamois unvertreten und unter 882 Proben nur zufällig vorhanden, weil darin das Weiss durchgehends gelblich ist. Ich bin überzeugt, dass sich der Mangel in dem Gebrauche, den sich der im Ganzen

nicht übel ausgefallene Farbendruck zum Ziele genommen, sehr bald herausstellen wird und begreife dessen Entstehung nur aus dem Beistande Jemandes, der, statt die Natur und die Verwendung im Auge zu haben, von der vorgefassten Meinung ausging, die Farbenreihe sei, abgesehen von den Mischungen mit Weiss oder Grau, mit den Spectralfarben und dem Purpur erschöpft.

**Zu S. 169. Die Fluorescenz der Netzhaut betr.**

Am 13. Dec. waren wir so glücklich ein gut conservirtes Augenpaar vom Menschen zu bekommen, während gleichzeitig die Sonne unbedeckt schien und die Untersuchung im Focus der ultravioletten Strahlen gestattete.

Die Augen entstammten einer am 12. Dec., 5 Uhr, bei Gaslicht verstorbenen 30jährigen Frau, deren Section Leptomeningitis chron. und Encephalitis chron. ergab. Sofort nach dem Tode war das Licht entfernt, die Leiche um 6 Uhr in's eiskalte Sectionslocal gebracht worden, wo die Augen um 9 Uhr unter Lichtschutz exstirpirt und in Eis verpackt wurden. Aus beiden noch sehr wenig eingesunkenen Augen schlüpfte die Retina mit dem Glaskörper untrennbar verbunden aus. Die Färbung der wohlerhaltenen Stäbchenschicht war hellviolet, an einzelnen Stellen bräunlich von eingelagertem Pigment (nicht von aufliegenden Pigmentzellen); 3 mm. breit fehlte die Färbung an der Ora serrata im ganzen Umkreise, ebenso in der Fovea centralis, nächst welcher der gelbe Fleck gut zu erkennen war. Das Haften des Glaskörpers machte die Herstellung eines ebenen, zur feineren Untersuchung der Fovea geeigneten Präparats unmöglich und da sich der sie enthaltende Lappen faltete, haben wir leider auf die Untersuchung der Fluorescenz in der Fovea ganz verzichten müssen. Im andern Auge riss die Retina im Umkreise der macula ab und das Herausnehmen des zurückgebliebenen Stückes misslang bei der Eile, zu der das unsichere Sonnenlicht nöthigte, gänzlich.

Zuerst wurde die Ora serrata mit der Zonula und der davon eingeschlossenen Linse in den Focus des zweimal gebrochenen übervioletten Lichtes gebracht. Die stark gelbliche Linse sah darin nicht, wie sonst im lebenden Auge, bläulichweiss, sondern weissgrünlich aus, die Retina ebenso, aber beträchtlich dunkler, besonders an der ungefärbten Ora serrata, wenig heller im äussern, hintern Umkreise der Ora, wo ein flüchtiger Blick den Anfang des Sehpurpurs vorher gezeigt hatte. Das Präparat wurde jetzt zerschnitten und das grössere Stück bis zum vollkommenen Schwinden des Sehpurpurs an die Sonne gehalten. Beide Stücke im Ueberviolet verglichen, zeigten sich sehr verschieden, die Fluorescenz im belichteten bedeutend verstärkt, aber nur soweit, als der Sehpurpur gereicht hatte, während der purpurfreie Theil der besonnten Ora von der dunkel gehaltenen gar nicht zu unterscheiden war. Da die Sonne sich hoffnungslos bedeckte, wurden die Präparate auf Porzellanplatten ausgebreitet, indem man Sorge trug, den Glaskörper nach unten zu bringen und jedes Ueberwallen auf die Stäbchenschicht zu verhindern, in welchem Zustande sie z. Th. nach gründlichster Belichtung sogleich mit Hülfe des continuirlichen Vacuums über $SH_2O_4$ im Dunkeln getrocknet wurden.

Als am 18. Dec. wieder Sonnenlicht zu haben war, zeigten die belichteten und die dunkel gehaltenen Stücke der Ora keine Unterschiede im Ueberviolet und ihre Fluorescenz war erheblich schwächer, als die der noch am tiefsten gefärbten Netzhautabschnitte der hinteren Augenhälften. Die letzteren fluorescirten etwas stärker und grünlicher, als wir es früher gesehen hatten. Bedeutend auffälliger war die Erscheinung an den belichteten Stücken und diese hatten dunklere Flecken, wo die Stäbchen stellenweis abgeschabt worden. Nach diesem Befunde glaubten wir annehmen zu müssen, dass die Netzhaut neben unverändertem Purpur überall etwas Sehweiss in den Stäbchen enthalten habe,

was aus der Belichtung des Auges vor dem Tode, vielleicht aus der dem Gaslicht vorausgegangenen Tageshelle im Beginne der Agone erklärt werden kann. Fluorescenz im Blau und im Violet, welche *v. Bezold* und *Engelhardt* (Ber. d. Acad. z. München, 7. Juli 1877 und klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Jhrg. S. 134) der Netzhaut intra vitam, ausser der seit *Helmholtz* bekannten im Ueberviolet, zuschreiben, haben wir weder an der getrockneten menschlichen Retina, noch an frischen gleichviel ob belichteten oder purpurnen Netzhäuten des Rindes, des Schweins und des Frosches nachweisen können. Es wird sich vielleicht noch Gelegenheit finden, die von *v. Bezold* und *Engelhardt* verwendete Methode zum Nachweise solcher Fluorescenz, über welche wir ausgedehnte Untersuchungen angestellt haben, eingehend zu erörtern und abweichende Ansichten darüber zu begründen.

**Zu S. 78. Die Anatomie der Kaninchennetzhaut betr.**

Es dürfte bekannt sein, dass die Stäbchenschicht im Kaninchenauge hinter dem Streifen der markhaltigen Nerven keine Unterbrechung erfährt. Die Netzhaut ist dort auch eben so purpurn, wie in dem ganzen oberen Theile des Auges und man erkennt ihren weissen Streifen daher an Präparaten, die mit der Vorderfläche auf eine weisse Unterlage angetrocknet worden, kaum. Im Lebenden reflectirt der weisse Balken allerdings sehr viel Licht, aber wenn man das Auge von hinten besieht, wird kein solcher Schatten bemerkbar, dass man den blinden Fleck des Kaninchens für so ausgedehnt halten dürfte, wie die Bündel der dunkelrandigen Nerven.

**Zu S. 423. Die Löslichkeit des Sehpurpurs betr.**

Da geschmolzenes Parafin das so wenigen Mitteln zugängliche Indigblau aufnimmt, wurden über $SH_2O_4$ getrocknete Netzhäute in grösserer Anzahl mit leicht schmelzbarem Parafin längere

Zeit bei 45° C. erhalten und öfter geschüttelt: es ging nichts Farbiges in das Parafin über. Längeres Erwärmen auf höhere Temperaturen entfärbte den Bodensatz; plötzliche Bleichung des Purpurs trat bei 80° C. ein. Unter Parafin von 40° C. befindliche Netzhäute wurden durch Licht allmählich entfärbt.

**Zu S. 19. Vom Verhalten des Sehpurpurs und seiner photochemischen Zersetzungsprodukte zu Nerven und reizbaren Geweben.**

Nach einer älteren Angabe (Arch. f. Anat. u. Physiol., 1859, S. 237) sind Lösungen krystallisirter Galle von 1—2 pCt. ohne erregende Wirkung auf motorische Froschnerven, und ebenso wirkungslos, bei flüchtiger Berührung am Querschnitte, auf den Muskel. Es war daher der Versuch zu machen, wie sich solche, an sich nicht reizende Cholatlösungen nach Aufnahme des Sehpurpurs und der übrigen aus Froschnetzhäuten damit extrahirbaren Stoffe gegen Nerven und Muskeln verhielten. Ich löste soviel Sehpurpur aus frischen Netzhäuten in 1 p.ct.iger Galle auf als aufgenommen wurde, filtrirte und tauchte den Nerven sehr erregbarer Froschschenkel in die Lösung. Dies bewirkte keine Zuckung, ebensowenig das Einhängen des grössten Theiles des Nerven während 1/2 Stunde, wenn das Präparat sich in einem gehörig feucht erhaltenen Raume befand; andernfalls erzeugte die am Nerven emporkriechende, durch Verdunstung concentrirter werdende Galle starke Zuckungen. Wurde die Purpurlösung gleich nach dem Eintauchen des Nerven oder erst nach längerer Zeit, wenn Imprägnirung der Gewebe damit anzunehmen war, statt wie bis dahin mit Natronlicht, mit der Magnesium-Flamme oder durch Sonnenstrahlen beleuchtet und gebleicht, so traten keine Zuckungen auf. Vorher gebleichte Purpurlösungen wirkten ebensowenig erregend auf den Nerven. Vom Muskelquerschnitte aus erzeugte die Lösung, gleichviel ob purpurn oder gebleicht, zuweilen Zuckung.

Eine Purpurlösung, durch mehrtägiges Dialysiren in der Kälte soweit von Galle befreit, dass sie nicht mehr bitter schmeckte, dann im Vacuum stark concentrirt, erregte weder den Nerven, noch den Muskel; Zutreten des Lichtes und Bleichung änderten daran nichts. Die Masse war übrigens nicht homogen, sondern bildete ein gallertiges Magma, worin mikroskopisch sog. Myelinformen zu erkennen waren.

Im Sinne der photochemischen Erregungshypothese wäre vielleicht ein anderer Ausfall dieser Versuche willkommen gewesen; ich muss aber bekennen, dieselben kaum in anderer Erwartung begonnen zu haben, da ich mir nicht vorstellen mochte, dass Substanzen, welche wie das Sehgelb und das Sehweiss nach der Hypothese **nur** zur Reizung der Stäbcheninnenglieder bestimmt sind, zu den groben Reizmitteln gehören, mit denen wir die Nervenfaser auf ihrem Verlaufe zu erregen vermögen. Die Annahme wäre ein ähnlicher Verstoss gegen die thatsächliche, ungeheure Differenz zwischen der Erregbarkeit sensibler Stämme und deren Endigung in den Sinnesorganen gewesen, wie es z. B. die Forderung ist, dass $NH_3$ die leitende Faser errege, weil wir den Körper riechen und schmecken.

Mit der Stäbchenseite auf der Zunge zerdrückte Froschnetzhäute erzeugten weder vor noch nach der Belichtung Geschmacksempfindung.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel 6.

Durchschnitte der Stäbchen- und Epithelschicht der Netzhaut des Frosches. Erhärtung mit *Müller*'scher Lösung, später in Alkohol; Präparate in Canadabalsam.

Die Verschiedenheiten der Stäbchenlänge beruhen auf Unvollkommenheiten der Zeichnung.

Fig. 1—7 stellen Retinae dar, deren Pigmentschicht im Controlauge haftend gefunden wurde; davon waren die Stäbchen entsprechend Fig. 1, 2, 3 durch Licht gebleicht, Fig. 4 entspr. roth belichtet, nicht gebleicht, Fig. 5, 6, 7 im Dunkeln gehalten und purpurn.

Fig. 8—11 nach Präparaten, deren Controlauge die Retina vom Epithel gelockert zeigte. Fig. 8 entspricht dem belichteten und gebleichten Zustande, Fig. 9, 10, 11 Dunkelaugen.

Weiteres über die Behandlung der Augen vor dem Tode ist unter den Figuren angegeben.

Da die Zeichnungen dünnen Meridionalschnitten entsprechen, stellen sie nicht die ganze Umscheidung des Stäbchenquerschnittes mit Pigment dar.

### Tafel 7.

Sonnenspectrum und Absorptionsspectra des Sehpurpurs und des Sehgelbs.

# Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens.

Von **J. N. Langley,**

B. A. Fellow of Trinity College, Cambridge.

---

Schon im Anfange des vorigen Jahres (1877) habe ich einige Beobachtungen begonnen in der Absicht die Angaben *Nussbaum*'s über mikroskopische Erkennbarkeit der sog. Speichelfermente in der absondernden Drüse (Arch. f. Mikrosk. Anat. Bd. XIII p. 721) zu prüfen. Während mich äussere Umstände verhinderten dieselben ganz nach Wunsch durchzuführen, sind inzwischen Untersuchungen von *Grützner* (*Pflüger*'s Arch. Bd. XVI p. 105) über denselben Gegenstand erschienen. Meine Versuche können trotz ihrer Unvollkommenheit vielleicht die Beobachtungen *Grützner*'s, die sich auf die Unterkieferdrüse des Kaninchens beziehen, in einigen Punkten ergänzen.

Den Ausgang der *Nussbaum*'schen Arbeit bildet die Thatsache, dass das nach der *v. Wittich*'schen Methode bereitete amylolytische Submaxillarferment Osmiumsäure reducirt; geschlossen wurde daraus, die fermenthaltigen Theile der Drüsen müssten sich mit $OsO_4$ tief schwärzen und wenn man das Ferment aus der Drüse extrahire, müssten deren Ferment bildende Theile, mit $OsO_4$ behandelt, sich schwächer färben. Die Methode bestand darin, Stückchen der frischen, lebenswarmen Drüse bestimmte Zeit in $OsO_4$ von 1 pCt. zu legen und mit solchen zu vergleichen, welche nach 3tägiger Extraktion in Glycerin mit

oder ohne vorgängige Erhärtung durch Alkohol in $OsO_4$ gelegt worden. Gefunden wurden in den ersteren Präparaten sehr tief gefärbte Zellen, im Centrum der Alveolen gleich neben den Schaltstücken gelegen; an den letzteren mit Glycerin behandelten Objecten central gelegene Zellen von gleich schwacher Färbung, wie die peripherischen, am Rande der Alveolen befindlichen. *Nussbaum* folgert hieraus, dass die inneren Drüsenzellen, die ich aus noch zu erwähnenden Gründen „Uebergangszellen“ nennen will, das Ferment bereiten und dass die äusseren Zellen der Läppchen an der Fermentbildung keinen Antheil nehmen.

Indem ich einstweilen von der Nothwendigkeit des Schlusses absehe, möchte ich die Thatsachen, woraus der letztere gezogen, erörtern. Ich kann mit der von *Nussbaum* gegebenen Beschreibung nicht ganz übereinstimmen, denn wenn man die Drüse nur mit $OsO_4$ behandelt und Schnitte davon anfertigt, findet man einige Zellen, welche dem Theile des Läppchens gleich nach dem Schaltstücke angehören, zwar tiefer gefärbt, als die peripherischen, aber es war mir unmöglich auf Querschnitten Färbungsdifferenzen zwischen den Uebergangszellen und denen der Schaltstücke zu constatiren. In allen Fällen färben sich die Zellen der Drüsengänge am tiefsten, weniger intensiv die Uebergangszellen und die der Schaltstücke, am wenigsten die peripherischen der Läppchen. Nach *Nussbaum* sollen die Schaltstücke aus kleinen verlängerten Zellen (vgl. seine Abbildungen) zusammengesetzt sein und diese plötzlich, wie *v. Ebner* es zuerst beschrieben, in die grossen peripherischen Zellen, ohne Zwischenstufe übergehen, während mir die die Schaltstücke zusammensetzenden Zellen nur wenig länglich und nach Grösse und Aussehen in die Zellen des Läppchens überzugehen scheinen. Ich finde es deshalb schwer zu entscheiden, ob gewisse Zellen zum Schaltstücke oder zur Alveole gehören, und nenne sie daher Uebergangszellen, als welche sie die Beschaffenheit der Gangepithelien $OsO_4$ zu reduciren bis zu einem gewissen Grade beibehalten.

Kommen die Drüsenstückchen erst nach Glycerinextraktion, gleichviel ob vorher mit Alkohol behandelt oder nicht, in $OsO_4$, so findet man, dass alle Zellen, welche sonst davon geschwärzt werden, sich jetzt in viel geringerem Grade färben, aber nicht nur die Uebergangszellen, sondern auch die der Schaltstücke und der Gänge. Die Differenz der ersteren und der peripherischen in den Läppchen wird dadurch geringer, aber es hat mir nach dreitägigem Liegen der Stückchen in Glycerin nie so gelingen wollen, wie *Nussbaum*, Gleichheit der Tinktion zu erzielen. Möglicherweise ist dies nach viel längerer Behandlung mit Glycerin, als bisher geschehen, jedoch der Fall. Nach meinen Beobachtungen müssen also alle zelligen Elemente der Drüse, mit Ausnahme des eigentlichen Alveolenepithels, eine oder mehrere Substanzen enthalten, welche $OsO_4$ energisch reduciren, und vom Glycerin entweder gelöst oder chemisch verändert werden.

Eine solche Substanz wird von *Nussbaum* in den Gängen nicht angenommen; in den Schaltstücken hat er sie nicht beobachtet und in den Uebergangszellen, wo er sie fand, erklärte er sie für das amylolytische Ferment. Ist das Letztere richtig, so kommt man mit dem, was ich über die thatsächliche Ausdehnung der $OsO_4$-Reaction fand, zu dem wenig annehmbaren Schlusse, dass nicht die eigentlichen Drüsenzellen oder das Epithel der Alveolen, sondern die Gangepithelien vorzugsweise das Enzym bereiten, und in geringerem Grade die Zellen der Schaltstücke und die Uebergangszellen.

Mit der folgenden Methode habe ich versucht hierüber zu entscheiden. Vier möglichst kleine Stücke aus der Gl. submaxillaris eines eben getödteten Kaninchens wurden vorbereitet:

a. Durch Einlegen in $OsO_4$ von 1 pCt. während 2 Stunden,

b. mit absolutem Alkohol während 24 Stunden, Einlegen während 3 Tagen in starkes, reines Glycerin und 2stündiger Behandlung mit $OsO_4$ von 1 pCt.,

c. wie b, aber ohne Glycerin, nach möglichster Entfernung des Alkohols, durch 2stündige $OsO_4$-Wirkung,

d. durch Einlegen in Glycerin während 2 Tagen und nachfolgende 2stündige Behandlung mit $OsO_4$.

Wenn das Entfernen des Fermentes im Sinne *Nussbaum*'s einzig und allein die Färbungsunterschiede solcher Präparate bedingte, so mussten a und b, aus welchen es nicht entfernt worden, und b und d, die es beide hergegeben hatten, gleich sein; gab es aber mehrere Ursachen, welche Verschiedenheit der Färbung bedingen, unter denen die An- oder Abwesenheit des Fermentes eine war, so brauchte a nicht ähnlich mit c zu sein, aber c musste verschieden von b sein, weil das Ferment aus c nicht durch Glycerin, wohl aber aus b entfernt worden.

In der That enthielt ausschliesslich das in der gewöhnlichen Weise frisch mit $OsO_4$ behandelte Stückchen a die beschriebenen tief gefärbten Zellen; alle übrigen Stücke, b c d zeigten mässig gefärbte Gangepithelien, schwach gefärbte Schaltstücke und Uebergangszellen und kaum bemerkbare Färbung der Alveolenzellen. Dass es thatsächlich keinen Unterschied zwischen c und b gab, erwies schon, dass die Abnahme der $OsO_4$-Reaction von dem Entfernen des Fermentes unabhängig sei.

Als ich diese Beobachtungen anstellte, ging ich, wie *Nussbaum*, von der Meinung aus, dass es ein Ferment in der Unterkieferdrüse des Kaninchens gebe, und ich glaubte an irgend welche Ungeschicklichkeit meinerseits, als es mir niemals gelingen wollte amylolytische Wirkungen mit den Glycerinextrakten dieser Drüse zu erhalten. Ich sehe jetzt, dass ich zu denselben Resultaten, wie *Grützner* gekommen bin und ein Material vor mir hatte, das keine amylolytische Wirkungen besass. Meine Beobachtungen würden aber auch ohne diesen Umstand hinreichen, die *Nussbaum*'schen Folgerungen zu erschüttern, und für den Fall, dass irgend welche Enzyme in der Unterkiefer-

drüse des Kaninchens noch nachgewiesen werden, zeigen, dass die $OsO_4$-Reaction nicht auf dergl. zu beziehen ist, wenn man nicht das Unwahrscheinlichste annehmen will, nämlich, dass solche Stoffe dem Gewebe auch durch absoluten Alkohol zu entziehen seien.

# Zur Physiologie der Speichelabsonderung.

Von J. N. Langley.

## I. Vom Einflusse der Chorda tympani und des N. sympathicus auf die Absonderung der Unterkieferdrüse der Katze.

In den zahlreichen Abhandlungen von *Ludwig*, *Cl. Bernard*, *Heidenhain*, *Eckhard*, und andern Forschern über die Speichelabsonderung habe ich keine Bemerkungen gefunden, die hervorheben, dass die Erscheinungen der Absonderung bei der Katze sich wesentlich von denen beim Hunde unterscheiden, und es wird, glaube ich, gewöhnlich angenommen, dass die ganze Reihe der über den Einfluss secretorischer Nerven beim Hunde ermittelten Thatsachen auch bezüglich der Unterkieferdrüse anderer Thiere, soweit dieselbe schleimhaltig ist, gelten. Es gibt indessen ausser den Unterschieden, welche die geringere Entwicklung der Schleimzellen bei der Katze erwarten liess, andere, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, wenn man gründliche Einsicht in die Erscheinungen der Speichelabsonderung haben will. Auf solche wünsche ich in dieser Abhandlung die Aufmerksamkeit zu lenken.

Beim Hunde ist bekanntlich der durch Reizung des N. sympathicus erhaltene Speichel überaus zähe und enthält viel Schleim, während der durch Erregung der Chorda tympani erhaltene mehr oder weniger wässerig ist und weit geringere Mengen Mucin enthält. Bei der Katze ist der Sympathicusspeichel

weniger zähe, als der Chordaspeichel. Es ist also bei der Katze das Gegentheil von dem der Fall, was beim Hunde die Regel ist, doch ist gleich hinzuzufügen, dass beide Speichelarten der Katze dünnflüssiger sind, und dass die zäheste Chordaabsonderung nichts ist im Vergleiche zu der bekannten dickflüssigen Beschaffenheit des Sympathicusspeichels vom Hunde. Der aus der Canüle fliessende Speichel der Katze kann in normalem Zustand niemals zu langen Fäden ausgesponnen werden, wie jener, und enthält auch nur eine geringe Menge Mucin, aber er ist niemals nach Chordareizung so wässerig, wie das höchst verdünnte Secret, welches Sympathicusreizung erzeugt. Die Verschiedenheit zwischen beiden Thieren betrifft also hauptsächlich die sympathische Absonderung: bei dem einen ist diese constant zähe, bei dem andern wässerig. Es ist hierfür gleichgültig, ob der Stamm des Sympathicus am Halse, oder ob die Fäden, welche aus dem obern Halsganglion in Begleitung der Gefässe zur Drüse gehen, gereizt werden. Von *Heidenhain* (Studien a. d. Physiol. Inst. zu Breslau, 1864) ist zwar erwiesen, dass beim Hunde der Sympathicusspeichel nach stundenlangem Reizen und Fliessen zuletzt wässrig wird, aber dies steht nicht im Widerspruche zu den erwähnten normalen Verschiedenheiten zwischen Hund und Katze, da vom normalen Sympathicusspeichel des Hundes nie behauptet wird, dass er wässerig sei, noch weniger, dass er es mehr sei, als der Chordaspeichel.

*Heidenhain* hat noch auf einen andern die Chorda und den Sympathicus betreffenden Umstand hingewiesen, von dem man angenommen hat, dass er eine gründliche Verschiedenheit in der Organisation oder in dem Verhältnisse dieser Nerven zur Drüsenzelle beweise. Er zeigte, dass eine sehr kleine Dosis (10—15 mgr.) Atropinsulfat die Chorda vollständig lähme, während eine grosse Dosis des Giftes den Einfluss des gereizten Sympathicus nicht verhindere. Dies ist so vielfach bestätigt, dass man an der Ver-

schiedenheit der Giftwirkung auf die beiden Nerven nicht zweifeln kann, aber Versuche, die ich angestellt habe, lassen mich glauben, dass es eine Verschiedenheit des Grades, nicht der Art sei. Wie dies übrigens sich verhalten möge (und es ist ein Gegenstand, auf den ich später zurückzukommen hoffe), so findet eine bemerkenswerthe Verschiedenheit statt: 15 mgr. Atropin in die Vena cruralis des Hundes gespritzt lähmen die Chorda mit Sicherheit, während 100 mgr. auf dieselbe Weise eingeführt, den Sympathicus nicht lähmen. Bei der Katze hingegen lähmt Atropin alsbald sowohl die sympathische Absonderung, wie die der durch die Chorda bewirkten.

Eine sehr geringe Menge Atropin, gewöhnlich 3—6 mgr. des Sulfates, genügen zur Wirkung bei der Katze; für den Sympathicus scheint eine etwas grössere Dosis nöthig, um die Wirkung von den zwischen Ganglion und Drüse befindlichen Fäden zu hindern, als um den Erfolg vom Halsstamme aufzuheben. Bei einem Versuche wollte der Stamm des Nerven nach Vergiftung mit 10 mgr. keine Absonderung mehr hervorbringen, während man sie von den oberen Fäden noch erhielt und dies dauerte unter allmählicher Abnahme des Speichelflusses fort bis 25 mgr. eingespritzt waren; dann war alle weitere Reizung vergebens. Im Augenblick will ich diese Verschiedenheit nicht verfolgen, sondern die Thatsache, dass 10—30 mgr. Atropin sowohl den Sympathicus, wie die Chorda lähmen. Ich darf darauf hinweisen, dass dieselbe die Richtigkeit der Folgerung, die man aus den Verhältnissen beim Hunde gezogen, einigermassen schwächt, der Annahme nämlich, dass das Atropin auf einen gewissen Theil der Chordafasern, wahrscheinlich deren Endigung, wirke, aber die Speichelzelle unberührt lasse, da dieselbe eben noch vom Sympathicus aus erregt und zur Thätigkeit veranlasst werden konnte. Nimmt man jedoch auf die an der Katze beobachteten Thatsachen Rücksicht, so wird der Beweis, dass Atropin nur

auf Nervenenden, nicht auf die secretorische Zelle wirke, hinfällig und wenn sich beim Hunde auch nur graduelle Verschiedenheit der Giftwirkung auf die beiden Secretionsnerven herausstellt, wie ich glaube, dass es noch geschehen wird, so muss man auf weitere Versuche denken, um festzustellen, ob das Gift blos auf Nervenenden und in Folge von Verschiedenheiten im Baue dieser, auf die der Chorda anders als auf die sympathischen wirke, oder ob es nicht auch die Speichelzellen angreift, grade wie es im höchsten Grade wahrscheinlich ist (vergl. Journ. f. Physiol. und Anat. 1875, Vol. X p. 187), dass es nicht nur auf motorische Nerven, sondern auch auf das Muskelgewebe wirke.

Es ist bis jetzt der Wirkung gleichzeitiger Reizung der beiden Absonderungsnerven der Unterkieferdrüse wenig Aufmerksamkeit geschenkt. *Czermak* (Wien. Sitz.-Ber. Math.-Ntrw. Cl. XXX. 1857) gelangte zu dem Schlusse, dass der Sympathicus ein Hemmungsnerv für die Chorda sei und diese Ansicht ist von *Kühne* (Physiol. Chem.) etwas verändert und weiter entwickelt worden: er stellt die beiden Nerven als einander entgegenwirkend dar, so dass keine Absonderung erfolgen würde, wenn die Chorda und der Sympathicus gleichzeitig mit electrischen Reizen behandelt werden, welche von jedem einzelnen allein grade Absonderung hervorbrächten. Hiervon ergiebt sich bei der Katze auch das Gegentheil. B e i d e r K a t z e h e m m e n m i n i m a l e w i r k s a m e R e i z e, w e n n s i e g l e i c h z e i t i g a u f d i e C h o r d a u n d a u f d e n S y m p a t h i c u s a n g e w e n d e t w e r d e n, e i n a n d e r n i c h t, s o n d e r n d e r B e t r a g d e r A b - s o n d e r u n g i s t w e n i g s t e n s g l e i c h d e r S u m m e d e r B e - t r ä g e d e r E i n z e l r e i z u n g e n.

Ich darf die Einrichtungen beschreiben, welche getroffen wurden, um die Gleichheit der Reizungen möglichst zu sichern. Es wurden 2 Schlitteninductorien benutzt, von denen eins mit den Electroden für die Chorda, das andere mit den zur Reizung

des Sympathicus dienenden verbunden wurde. In beiden Kreisen befanden sich Schlüssel als Nebenschliessung. Statt durch den *Neef*'schen Hammer wurde der Strom in der primären Spirale mittels einer Stimmgabel von 30 Schwingungen per Secunde unterbrochen. Zu dieser ging der Strom von 2 *Daniel*'schen Elementen, weiter durch den Quecksilbercontact zum einen primären Drahte, von diesem zum andern und durch die Spirale über und unter den Enden der Stimmgabel zur Säule zurück. Der Quecksilbercontact geschah durch die *Kronecker*'sche Einrichtung. So konnte man sicher sein, immer dieselbe zeitliche Unterbrechung und Reizfolge zu haben, während die gute Amalgamirung der Zinke in den Elementen für Constanz des Stromes in der kurzen Zeit jeder vergleichenden Beobachtung sorgte.

Für die Reizung der Secretionsnerven bedurfte es im Allgemeinen solcher Rollenabstände, dass man von den an die Zungenspitze gelegten Electroden grade merkliche Empfindungen erhielt. Dies geschah bei Annäherung der secundären Spirale meiner Vorrichtung an die primäre auf 10—11,5 Ctm. Um den Erfolg an der Drüse zu erkennen, wurden entweder die Tropfen beobachtet und gezählt, welche aus der Canüle fielen oder das Vorschreiten des Speichels in einer damit verbundenen Röhre von geringem Lumen, welche eine Millimetertheilung trug.

Die Thiere waren entweder mit Chloroform oder mit Chloroform und Morphin oder mit Chloroform und Curare immobilisirt und narkotisirt. Der N. sympathicus wurde meist durchschnitten. Die gewöhnliche Methode bestand darin, den N. lingualis grade vor der Zunge abzubinden, ihn hinter der Ligatur durchzuschneiden, mit der Chorda eine Strecke weit zu isoliren und darauf die vom Tympanico-lingualis abgetrennte Chorda auf die Electroden zu bringen. Die letzteren waren entweder die *Ludwig*'schen etwas modificirten, bei deren Gebrauch die Wunde vernäht wurde, oder gewöhnliche Platinelectroden, auf denen der Nerv zu Tage lag.

Ich reizte die Nerven während einer bestimmten kürzeren Zeit, z. B. 30 Sec., und ermittelte durch Verminderung des Rollenabstandes am Schlittenapparate die Stellung, bei welcher eine Absonderung merklich wurde. Als ich für jeden Nerven diesen minimalen Reiz und die ihm folgende Secretion ermittelt hatte, wurden beide Nerven gleichzeitig während derselben Zeit (30 Sec.) gereizt und die während dieser Zeit stattfindende Secretion notirt. Die Reizungen der einzelnen Nerven wurden dann nach einander nach Verlauf von 1—2 Min. wiederholt.

Wie oben schon gesagt wurde, war der Erfolg hinsichtlich der abgesonderten Menge bei den beide Nerven zusammen betreffenden Reizungen immer wenigstens gleich der Absonderung der beiden Einzelreizungen; ich sage wenigstens, denn sie übertraf fast immer die Summe und ich glaube, dass da, wo die Einzelreizungen wirklich minimale sind, ihre gleichzeitige Wirkung mehr als die genannte Summe fördert. Wo das Reizminimum ein wenig überschritten wird, ist der Betrag der Doppelreizung zuweilen etwas grösser oder kleiner, als die erwartete Summe, aber in allen Fällen grösser, als die von einem Nerven aus zu erzielende Speichelmenge. Diese Abweichungen sind aus vielen Gründen zu erwarten, weil der Erfolg eines unveränderten Reizes von manchen nicht zu beherrschenden Umständen abhängig ist, von den Folgen des Querschnittes am Nerven, von der Bloslegung, von vorhergehenden Reizen und von Aenderungen der Reizbarkeit des absondernden Gewebes.

Wenn die Reizungen die minimale weiter überschreiten, bringt gleichzeitige Erregung geringere Wirkung hervor, als der Summe der einzelnen entspricht, und wenn sie stark sind, ist der Betrag der ersteren nicht nur geringer, als jene Summe, sondern auch geringer als der durch Reizung der Chorda allein hervorgebrachte, obschon grösser als der vom Sympathicus aus bekommene. Mit starken Strömen erhält man also eine augen-

scheinliche Hemmungswirkung vom Sympathicus auf die Chorda, aber keine umgekehrte von dieser auf jenen.

Berücksichtigt man nun, dass die Erregung beider Nerven trotz des eben Gesagten stets grössere Wirkungen hervorbringt, als die Reizung des Sympathicus für sich, und dass bei schwächeren Reizen zweifellos Summation der Wirkungen besteht, so bin ich sehr der Ansicht, dass die scheinbare Hemmungswirkung des Sympathicus auf die Chorda keine unmittelbare, sondern eine mittelbare ist, nämlich eine Folge der starken Verengung der Arterien und der verminderten Menge des durch die Drüse fliessenden Blutes, welche stattfindet, wenn der Sympathicus stark gereizt wird, was, wie *Ludwig* und *Frey* (Arbeiten d. physiol. Anst. z. Leipzig, 1877) bewiesen haben, bei Reizung beider Nerven mit Maximalströmen geschieht.

Die folgenden Versuche mögen dazu dienen die Wirkung der gleichzeitigen Reizung klar zu machen.

Versuch I. Katze mässiger Grösse, chloroformirt unter einer Glasglocke; nachdem das Thier aufgebunden 1 C. C. Morphin von 5 pCt. unter die Haut gespritzt, der N. tympanicolingualis abgebunden, peripherisch von der Ligatur präparirt; Chorda etwa 1 Ctm. lang isolirt; der Sympathicus am Halse durchschnitten, Reizapparat, wie vorhin beschrieben. 11 U. 37. Chorda gereizt; Rollenabstand nacheinander = 30, 25, 20, 17 Ctm. Dauer jeder Reizung 30 Sec. Intervall ebenfalls 30 Sec.: in keinem Falle Absonderung.

11 U. 41 Min. Rollenabstand 16 Ctm. 30 Sec. gereizt; in etwa 20 Sec. geringe Absonderung.

11 U. 42 Min. Wiederholung. in 60 Sec.: geringe Absonderung.

11 U. 45 Min. Rollenabstand 14 Ctm. 30 Sec. Sympathicus gereizt: geringe Absonderung.

11 U. 46 Min. Rollenabstand unverändert, beide Nerven gleichzeitig gereizt. Speichelfluss reichlicher als vorher.

11 U. 51 Min. Wiederholte gleichzeitige Reizung 45 Sec. dauernd: der Speichel füllt fast das Rohr.

11 U. 53 Min. Sympathicus allein gereizt. 45 Sec.: sehr geringe Absonderung.

11 U. 54 Min. Chorda allein gereizt, in 45 Sec.: nur $^1/_3$ der Röhre mit Speichel gefüllt.

11 U. 56 Min. Beide Nerven gereizt. 45 Sec.: $^3/_4$ der Röhre gefüllt.

11 U. 58 Min. Chorda allein gereizt. 45 Sec.: $^1/_3$ der Röhre gefüllt.

11 U. 59 Min. Sympathicus allein gereizt. 55 Sec.: keine Absonderung.

Versuch II. Katze von mässiger Grösse. Einrichtungen und Vorbereitungen, wie in Versuch I, aber der Sympathicus blieb undurchschnitten. Die Absonderung wurde an einer Röhre mit engem Lumen und Millimetertheilung abgelesen, welche mit der Canüle im *Wharton*'schen Gange durch ein kurzes ┬Stück verbunden war. Es wurde eine Abänderung der *Ludwig*'schen Electroden gebraucht.

| Zeit. | Gereizter Nerv. | Rollenabstand am Schlitten in Ctm. | | Zeit der Reizung in Sec. | Vorschreiten des Speichels während der Reizzeit in Mm. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | für die Chorda. | für den Sympath. | | |
| 12. 46. | Chorda | 25 | — | 12 | 0 |
| 12. 47. | Chorda | 23 | — | 12 | 0 |
| 12. 48. 30″ | Chorda | 21 | — | 12 | 24 |
| 12. 50. 30″ | Sympathicus | — | 17 | 12 | 0 |
| 12. 51. 30″ | Sympathicus | — | 13 | 12 | 19 |
| 12. 53. 30″ | Chorda u. Sympath. | 21 | 13 | 12 | 40 |
| 12. 55. | Chorda | 21 | — | 12 | 30 |
| 12. 56. 30″ | Sympathicus | — | 13 | 12 | 29 |
| 12. 58. | Chorda u. Sympath. | 21 | 13 | 12 | 45 |
| 1. 8. | Chorda | 17 | — | 48 | 20 |
| 1. 10. | Sympathicus | — | 14 | 48 | 25 |
| 1. 12. | Chorda u. Sympath. | 17 | 14 | 48 | 30 |
| 1. 17. | Chorda | 15 | — | 36 | 60 |
| 1. 19. | Sympathicus | — | 12 | 36 | 55 |
| 1. 21. | Chorda u. Sympath. | 15 | 12 | 36 | 75 |

Versuch III. Katze von mässiger Grösse. Bedingungen wie in II. Das Thier bekommt nach dem Aufbinden 2 C. C. Curare von 2 pCt. unter die Haut.

| Zeit. | Gereizter Nerv. | Rollenabstand am Schlitten in Ctm. | | Zeit der Reizung in Sec. | Vorschreiten des Speichels während der Reizzeit in Mm. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | für die Chorda. | für den Sympath. | | |
| 1. 59. | Chorda | 12. | — | 18 | 1 |
| 2. 0. | Sympathicus | — | 16. | 18 | 0 |
| 2. 1. | Chorda u. Sympath. | 12. | 16. | 18 | 4 |
| 2. 3. | Chorda | 11. 5 | — | 18 | 8. 5 |
| 2. 4. | Sympathicus | — | 15. 5 | 18 | 0 |
| 2. 5. | Chorda u. Sympath. | 11. 5 | 15. 5 | 18 | 10 |
| 2. 7. | Chorda | 11. 5 | — | 18 | 6 |
| 2. 9. | Chorda u. Sympath. | 11. 5 | 15. 5 | 18 | 7 |
| 2. 10. | Sympathicus | — | 15. 5 | 18 | 0 |
| 2. 12. | Sympathicus | — | 14. 5 | 18 | 0 |
| 2. 13. | Sympathicus | — | 14. | 18 | 0 |
| 2. 14. | Sympathicus | — | 12. | 18 | 7 |
| 2. 15. | Chorda | 11. | — | 18 | 9 |
| 2. 17. | Chorda u. Sympath. | 11. | 12. | 18 | 27 |
| 2. 24. | Chorda | 10. | — | 18 | 21 |
| 2. 26. | Sympathicus | — | 11. | 18 | 12 |
| 2. 28. | Chorda u. Sympath. | 10. | 11. | 18 | 29 |
| 2. 46. | Chorda | 8. | — | 36 | 56 |
| 2. 48. | Sympathicus | — | 9. | 36 | 30 |
| 2. 50. | Chorda u. Sympath. | 8. | 9. | 36 | 42 |
| 2. 52. | Chorda | 8. | — | 36 | 47 |
| 2. 55. | Sympathicus | — | 9. | 36 | 10 |
| 2. 57. | Chorda u. Sympath. | 8. | 9. | 36 | 34 |

In Versuch III wird vielleicht auffallen, dass in einigen Fällen, wo Sympathicusreizung allein keine Absonderung bewirkte, die Speichelsecretion bei Mitreizung der Chorda grösser war, als nach Chordareizung allein. Ich habe dies nicht selten bemerkt, wenn die Reize an den einzelnen Nerven für sich unterminimale waren, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass solche nicht genügende Reize, welche keine Secretion einleiten können, fähig sind die Absonderung zu vermehren, wenn dieselbe einmal

begonnen hat[1]); dass die Erscheinung keine Folge einer im Versuch geänderten Erregbarkeit der Nerven ist, scheint mir hinlänglich durch die Thatsache bewiesen, dass sie constant viele Male hintereinander vorkommt.

Die Hauptresultate der an der Katze angestellten Beobachtungen lassen sich zusammenfassen, wie folgt:

1. Der Sympathicusspeichel ist wässriger, als der Chordaspeichel.
2. Die Innervation der beiden Nerven wird durch Atropin gelähmt.
3. Sympathicus und Chorda sind bei Minimalreizungen keine gegeneinander wirkende Nerven und wo der Sympathicus der Chorda bei Maximalreizen entgegenwirkt, is dies scheinbar und wahrscheinlich eine Folge des verminderten Blutvorrathes.

Mit anderen Worten: 1) die Verbindung der secretorischen Fasern des Sympathicus mit der Drüsenzelle ist von etwas verschiedener Art bei der Katze, als beim Hunde, eine Verschiedenheit, welche der lähmenden Wirkung des Atropins günstig ist. 2) Durch einen Nerven geleitete Impulse (schwache) wirken auf die damit verbundene Zelle, gleichviel ob ein anderer damit verbundener Nerv thätig ist oder nicht.

Schliesslich wünsche ich Herrn Prof. *Kühne* meinen besten Dank für die mir während der vorstehenden Untersuchungen in seinem Laboratorium erwiesene grosse Freundlichkeit auszusprechen.

---

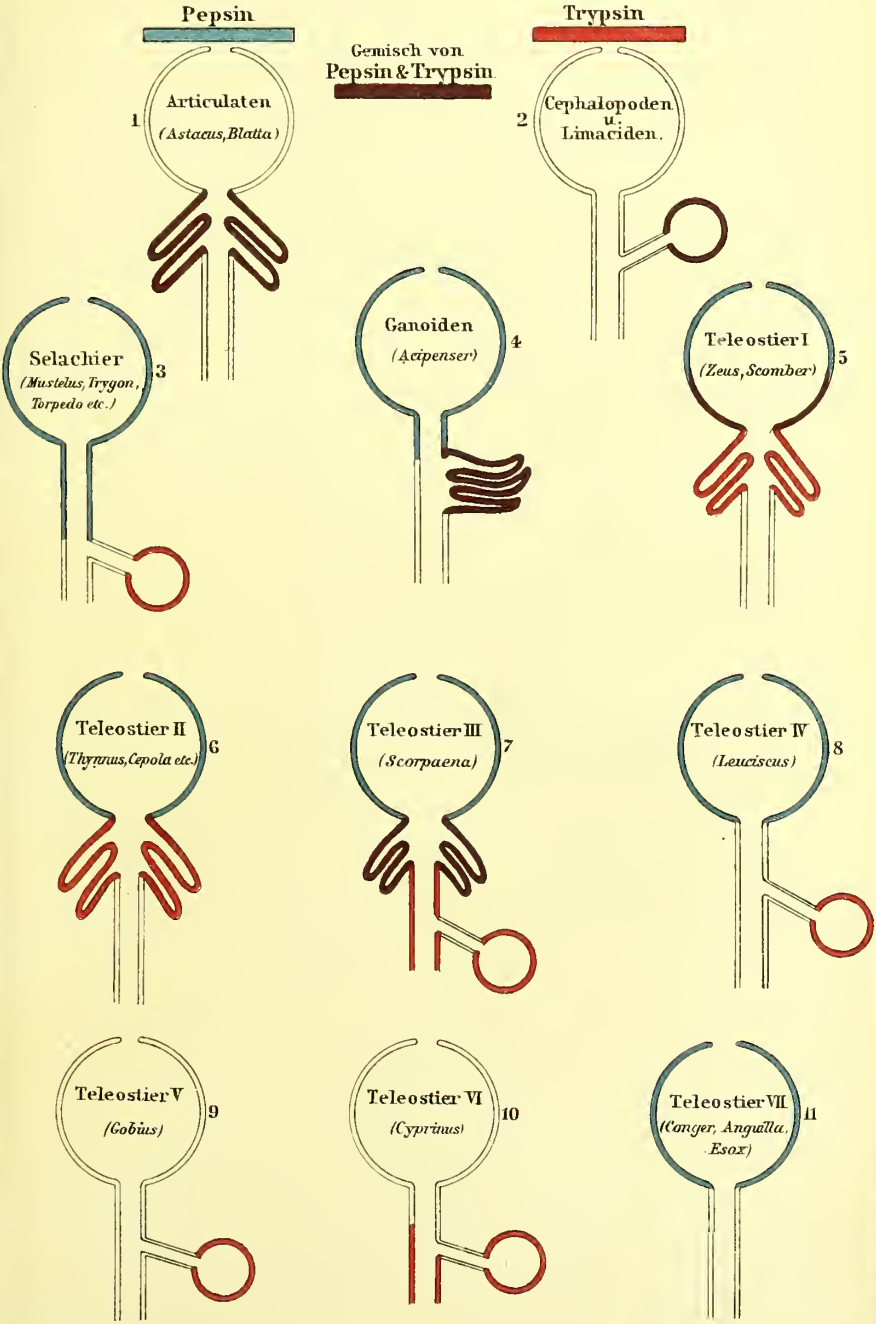
[1]) Ich habe einige Versuche mit dem Sympathicus, wie mit der Chorda angestellt um zu probiren, ob ein Minimalreiz nicht die Wirkung hervorbringe, dass ein unmittelbar darauf folgender schwächerer Reiz den Erfolg vermehrt, und bis jetzt mit bejahendem Resultate.

## Berichtigung.

S. 335 Zeile 11 lies hinter „Fluorescenz“: „oder Dichroismus“.

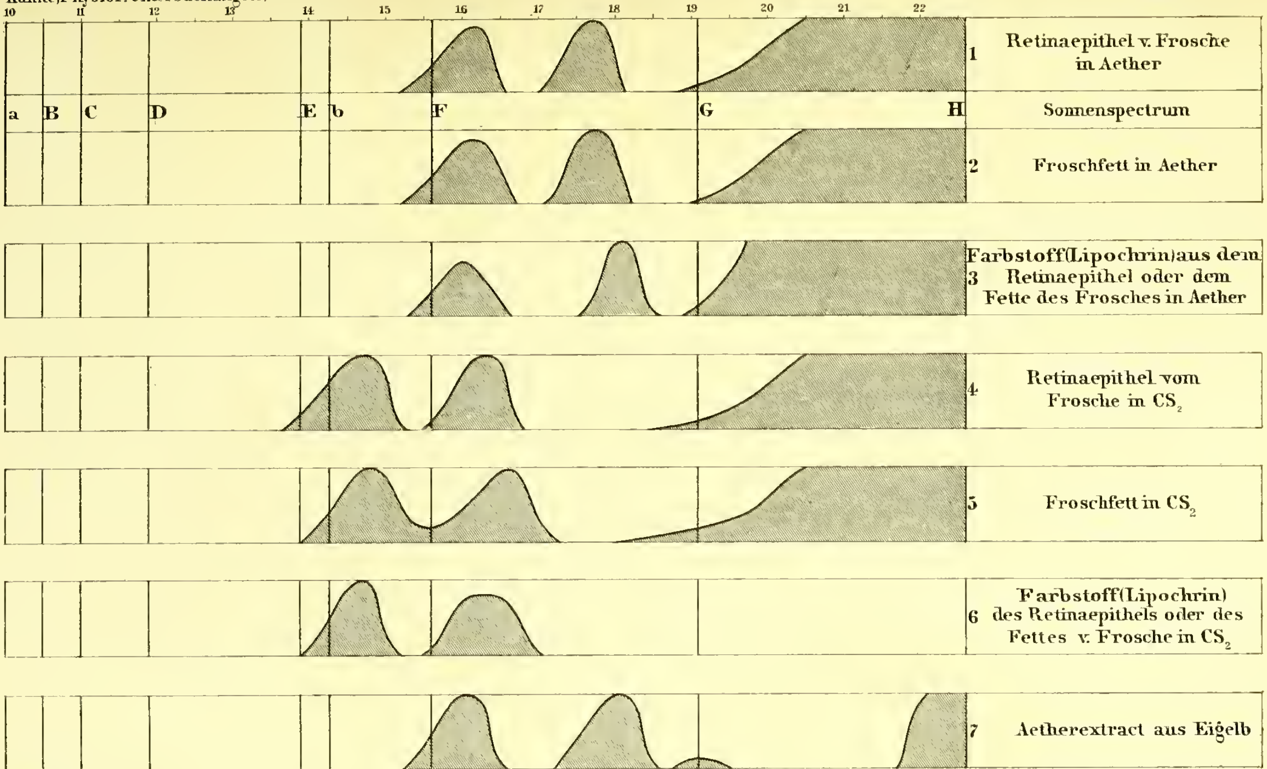
# Inhaltsverzeichniss des ersten Bandes.

# Schemata der Verbreitung der Verdauungsenzyme bei Wirbellosen und bei Fischen.




Krukenberg fecit. Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

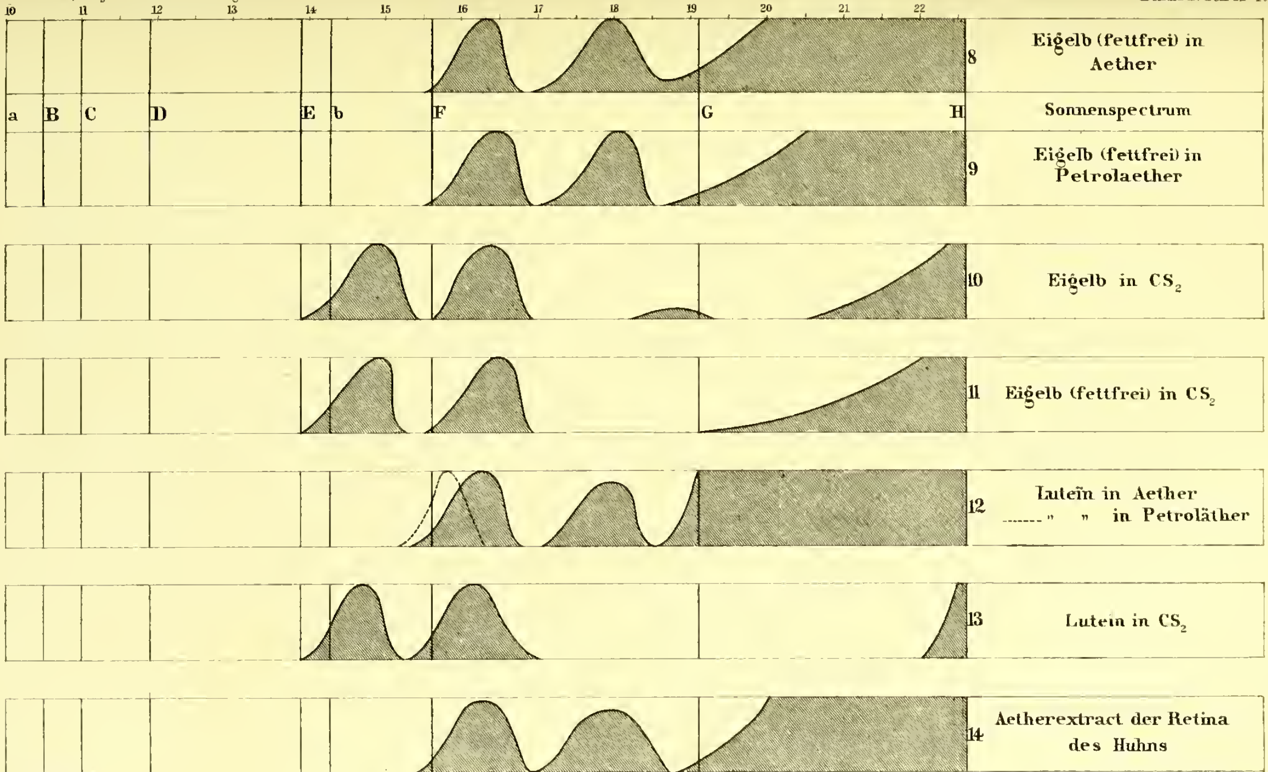
C. Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.




Kühne del.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

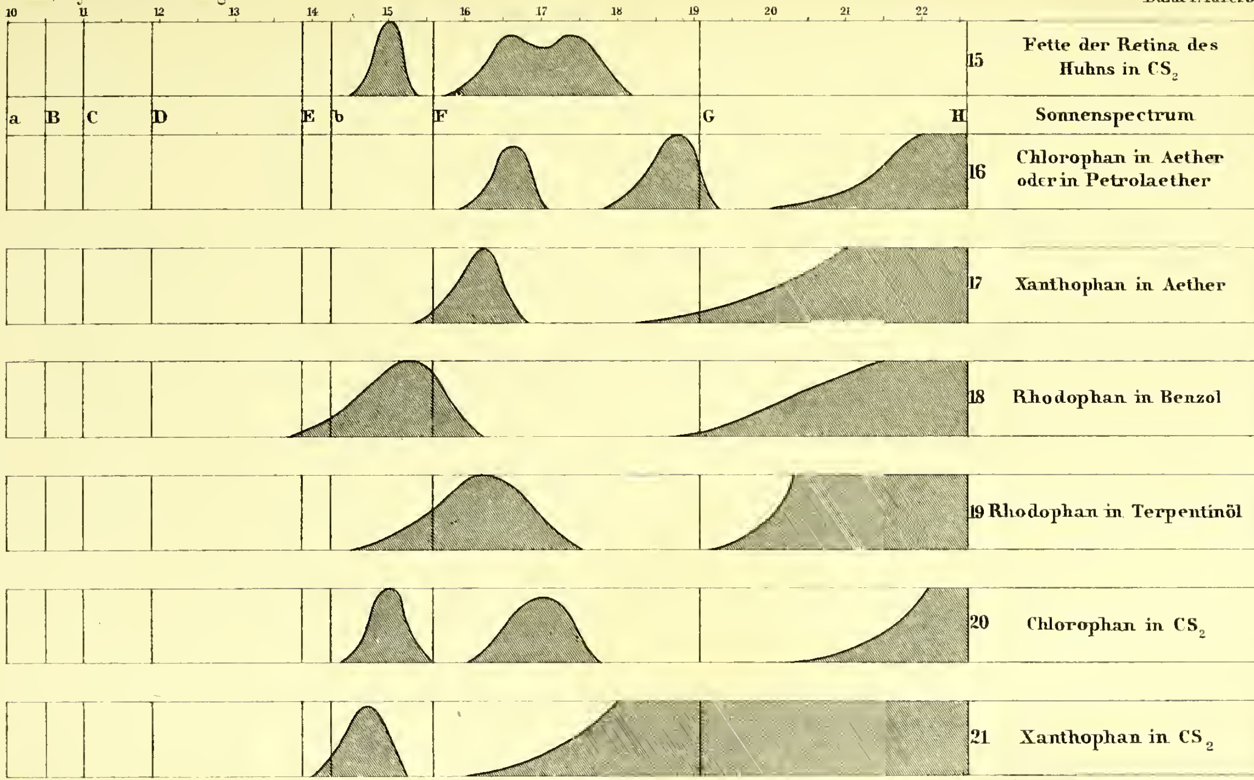
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg




Kühne del.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

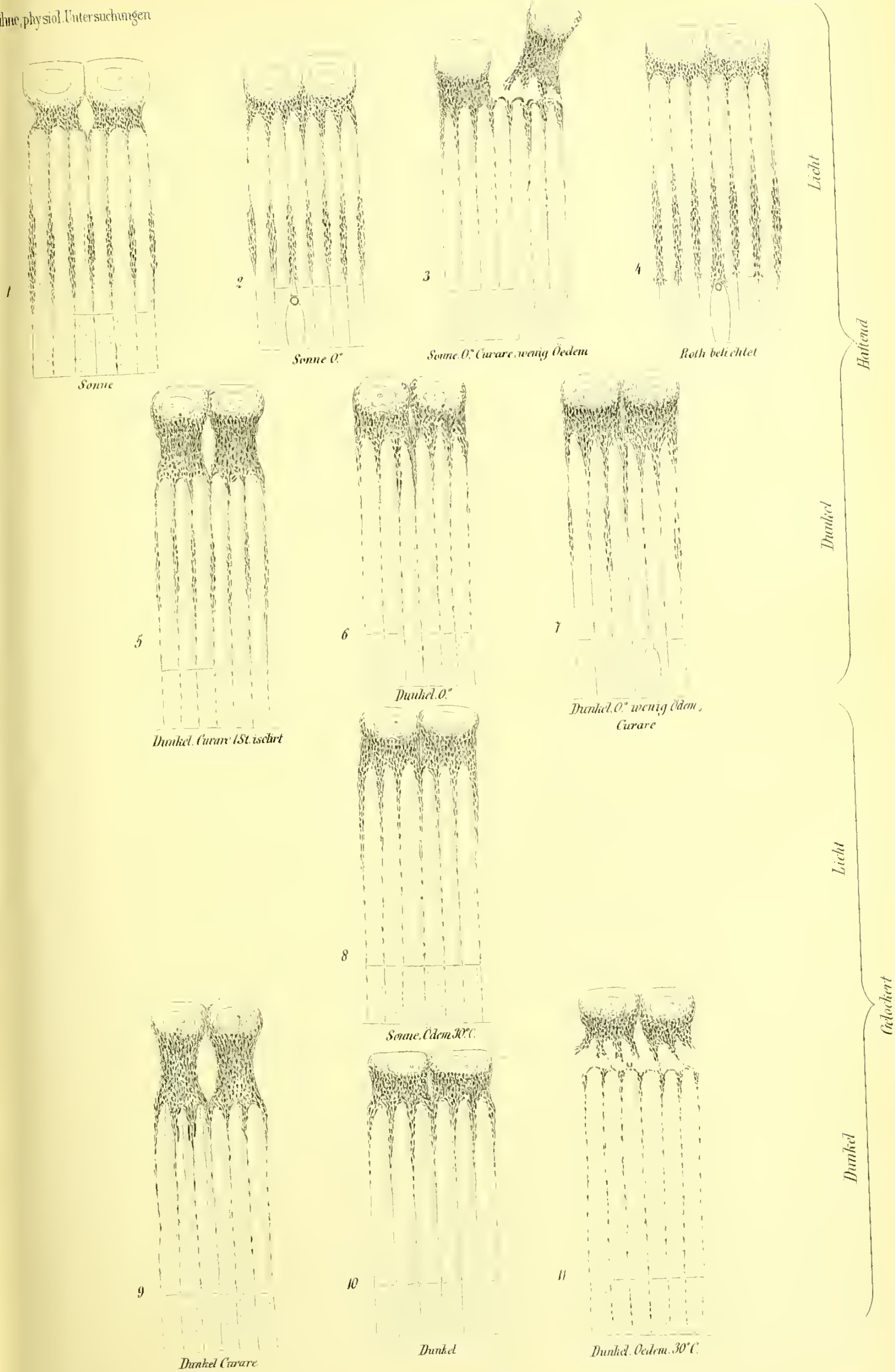
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.




Kühne del.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

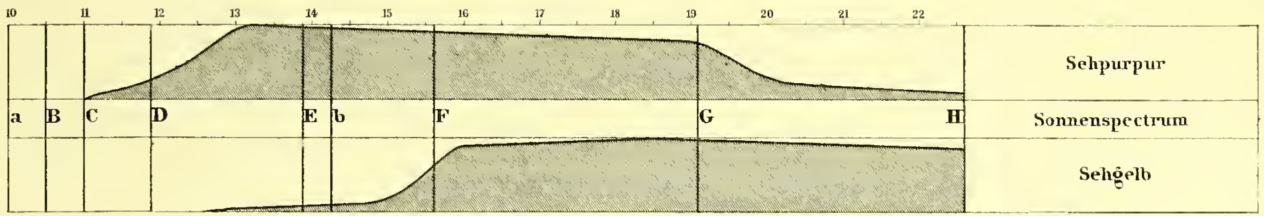
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.




Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

A. Ewald del.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig




Kühne del.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

# Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

(Hierzu Taf. 1.)

Aus meiner früheren Mittheilung [1]) ergibt sich, dass die Astacusleber wie die Drüsenschläuche von Periplaneta (Blatta) orientalis und die Lebern vieler Mollusken mehreren Leistungen dienen als die Leber der höhern Vertebraten. Im Folgenden sollen der Thatbestand dieser Verhältnisse eingehender behandelt und die Differenzpunkte zwischen den früheren Untersuchungen und Ansichten anderer Autoren klar gelegt werden.

Was ich früher über die Ausführung meiner Versuche gesagt habe, gilt auch für die, welche dieser Arbeit zu Grunde liegen. Stets war ich bestrebt, die einzelnen Organe oder Organtheile durch die Präparation möglichst frei von fremden Adhärenzen zu erhalten, indem ich mehr Werth darauf legte, die zum Theil ausgezeichneten morphologischen Arbeiten der Zoologen für das Verständniss der Funktion verwerthbar zu machen, als mich lediglich mit dem Nachweise eines Enzymes in einem complicirt gebauten Organismus zu begnügen. Deshalb wurde auch die histologische Untersuchung nicht ganz ausser Acht gelassen, welche besonders bei Insekten zu neuen Resultaten führte.

Alle Versuchsthiere wurden vivisecirt, was mir nothwendig erschien, da sich bei vielen die Organe postmortal sehr bald verändern.

---

[1]) Untersuchungen aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 327.

## I. Die Verdauungsvorgänge bei einigen Cephalopoden und Pulmonaten.

Bei Sepiola Rondeletii, Sepia officinalis und elegans, Eledone moschata fand ich, wenn der Digestionstractus frei von Nahrungsstoffen war, einen braungelben Verdauungssaft von mehr oder weniger alkalischer[1]) Beschaffenheit. Dieser enthielt ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym und verdaute während einer Stunde die hinzugefügte grosse Flocke rohen Fibrins in alkalischer Lösung (1 $^0/_0$ $CO_3$ $Na_2$). Dieses Secret, welches sich so reichlich in dem Darmrohre angesammelt hatte, dass die Wände desselben prall gespannt waren, verhielt sich, was Farbe und Wirkung anbelangt, in allen Bezirken vom Anfang des Magens bis zum Enddarme hin gleichartig.

Es galt nun aufzufinden, aus welchem Organe dieses Secret stammte. Da war zuerst an die drüsigen Organe zu denken, welche als obere und untere Speicheldrüsen bekannt sind. Beide Gebilde sind aber, wie Versuche an Eledone, Loligo, Sepia und Sepiola mich lehrten, rein muciparer Natur und werden deshalb von mir künftig als obere und untere Pharynxschleimdrüsen bezeichnet werden. Für die Anschauung, dass diesen Drüsen nur die Bedeutung zukommt, die Nahrungsballen hinreichend schlüpfrig zu machen, damit sie befähigt sind das den Kopfknorpel durchsetzende enge Speiserohr zu passiren, scheint mir auch noch der Befund zu sprechen, dass Loligo vulgaris, dessen Oesophagus unter den mir zugänglichen Cephalopoden

---

[1]) *Claude Bernard* (Mémoire sur le pancréas. Comptes rendus. 1856. Supplément. T. I. p. 545) fand den Verdauungssaft sauer; es muss somit die Reaction desselben Schwankungen unterliegen. Dasselbe gibt er an für Ostrea edulis, bei welcher ich das Lebersecret selten schwach sauer, meistens neutral fand. Die Vermischung des Verdauungssaftes mit dem alkalischen Blute war bei meinen Versuchen durch längeres Abspülen der Organe vor Eröffnung des Verdauungsrohres vermieden.

an allen Stellen relativ der weiteste ist, die verhältnissmässig kleinsten Pharynxschleimdrüsen besitzt. Von grossem Interesse würde es sein zu erfahren, wie sich das Verhältniss bei Nautilus gestaltet, bei welchem nach *Owen's* Angabe[1]) die obern Pharynxschleimdrüsen nur in Spuren vorhanden sein, die untern ganz fehlen sollen.

Nachdem der gut gereinigte Darm und insbesondere die Spiralmägen — das Pancreas *Richard Owen's* (Lectures on the compar. Anat. of the invert. Anim. p. 300), und als solches von diesem Forscher den Appendices pyloricae der Fische verglichen, — einer grossen Anzahl von Cephalopoden mit negativem Resultate auf Enzyme untersucht waren, führte mich nach vielen vergeblichen Versuchen die Farbe der sogenannten Leber und besonders die Farbe ihres wässerigen Extractes auf den rechten Weg. Ich untersuchte den wässerigen, ClNa (0.5, 1.0, 2.0, 5.0, und 10.0 %) —, essigsäure-, salzsäurehaltigen Auszug auf eine nennenswerthe enzymatische Wirkung hin, aber alles mit negativem Erfolg.

Nur von der Eledone moschata und Sepia elegans gelangten Glycerinextracte der Lebern mit mir in die Heimath. Als ich dieselben hier abermals untersuchte, ergab sich, dass jetzt (nach etwa sechs Wochen) wenige Tropfen des Extractes sowohl eine starke diastatische Wirkung besassen, als auch im Laufe kaum einer Stunde in neutraler wie in 1 %iger Sodalösung rohes Fibrin fast vollständig (einen unbedeutenden Detritus hinterlassend) verdauten[2]). Bei Zusatz von Salzsäure

[1]) *Owen*, Mem. on the Nautilus. p. 23. Tafel 8. Fig. 7 g.

[2]) *Claude Bernard* (Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sc. nat. Troisième série. Zoologie. T. XIX. 1853. p. 331—335) constatirte schon früher das Vorkommen eines diastatischen, sowie eines fettzersetzenden Fermentes in dem Verdauungssafte von Sepia, Limax, Ostrea edulis und Anodonta. Auch gelang ihm in diesen Fällen die Chlorreaction.

entstand zwar ein Niederschlag, welcher aber eine Verdauung in 0,1 % ClH nicht immer verhinderte und sich, wenn von den Glycerinextracten nur geringe aber wirksame Mengen zugesetzt wurden, auch wieder vollständig löste. Die Wirkung bei neutraler und alkalischer Reaction sowie die in sauren Lösungen verlief bei 40° C. energischer als bei 20°, 16° und 10° C., obgleich sie auch bei letzteren Temperaturen nicht fehlte. Es herrscht also in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit allen zur Zeit bekannten eiweissverdauenden Enzymen der verschiedensten Thierklassen.

Ganz dieselben Enzyme fand ich im Lebersecrete resp. dem Leberextracte bei Arion rufus und ater, bei Limax cinereoater und agrestis. Bei den Limaciden, Helix nemoralis und pomatia reagirte der Mageninhalt und das Lebersecret deutlich sauer, wie *Th. Fr. W. Schlemm*[1]) bereits ausser für Helix und Limax noch für Limnæus und Planorbis nachwies. Auch *Claude Bernard*[2]) zeigte, dass bei Limax flavus der Verdauungssaft, welcher nach seiner Ansicht[3]) aus Drüsenzotten des Magens (deshalb von ihm auch „Magensaft" genannt) stammen sollte, saure Reaction besitzt. Bei diesen Mollusken musste ebenfalls das Glycerin mit dem zerriebenen Lebergewebe längere Zeit in Berührung bleiben, um in irgend nennenswerther Weise mit Enzymen geschwängert zu werden. Wenn die Lebern sorgfältig vom Darme abpräparirt waren, gelang hier zwar die einfachere Darstellung der enzymatischen Verdauungslösung mittelst der Selbstverdauungsmethode und bei Helix pomatia wie bei Mytilus edulis wurde von dieser Darstellungsweise auch ein

---

[1]) *Th. Fr. W. Schlemm,* De hepate ac bile Crustaceorum et Molluscorum quorundam. Dissertatio. Berolini 1844. S. 34.

[2]) *Claude Bernard*, l. c.

[3]) *Claude Bernard*, Leçons de physiologie expérimentale. T. II. 1856. p. 487—493.

ausgedehnter Gebrauch gemacht. Diese Extractionsmethode wird für die Lebern, welche neben peptischem auch tryptisches Enzym führen, aber nicht zu empfehlen sein; denn Versuche haben mir bewiesen, dass das tryptische Enzym in solchen Fällen sehr bald zersetzt wird, und dass zugleich auch das Pepsin sehr viel von seiner Wirkungsintensität einbüsst. Dieses Verhalten liess sich wenigstens bei Lumbricus terrestris, Limax cinereo-ater, Astacus und Periplaneta sicher feststellen. In solchen Fällen wird die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction zu bevorzugen sein. Wurde bei Mollusken (z. B. bei Helix), deren Leber zwar nur ein peptisches Enzym producirt, bei der wässerigen Extraction der Darminhalt nicht sorgfältig von den Lebern entfernt, so konnte nur ein sehr schwach wirkender oder selbst ein ganz unwirksamer Auszug erhalten werden. Diese Erscheinung wird wohl mit Recht auf eine Fällung der Enzyme durch entstehende Niederschläge, zu welchen die Secrete von Schleimdrüsen die Veranlassung geben, zurückzuführen sein. Die Schwierigkeit der Extraction zwang dazu, dass bei den Mollusken ein von den später bei den Articulaten zu beschreibenden verschiedener Gang der Untersuchung eingeschlagen wurde, welcher aber, wie ich hoffe, nicht weniger beweiskräftige Ergebnisse lieferte.

Das Lebersecret ergiesst sich bei den Cephalopoden bekanntlich zwischen den Falten des Spiralmagens hindurch in den Darmkanal. Drückt man den mit dem Secrete gefüllten Spiralblindsack leicht zusammen, so bemerkt man, dass das Secret sowohl in den Magen wie in den hintern Abschnitt des Digestionstractus abfliesst. Eine ähnliche Einrichtung ist uns bei den Limaciden, Heliciden etc. durch *H. M. Gartenauer*[1]) bekannt geworden. Ich sehe die Function des Spiralmagens der

[1]) *H. M. Gartenauer,* Ueber den Darmkanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena 1875. S. 11—15 u. Fig. 3.

Cephalopoden lediglich darin, das Lebersecret in dem Verdauungsrohre dieser Thiere gleichmässig zu vertheilen, und erachte ihn analog den Blindsäcken des Darmes bei den Stylommatophoren.[1]) Bei Loligo vulgaris sind in demselben zwar

---

[1]) Um Wiederholungen zu vermeiden, sei gleich an dieser Stelle auf Folgendes aufmerksam gemacht.

Es sind in der Literatur die Angaben nicht selten, dass bei Mollusken und Articulaten die Speicheldrüsen saure Secrete, theils im Interesse der Vertheidigung dieser Thiere oder Auflösung äusserer Gegenstände, theils zur Verdauung der aufgenommenen Nahrung absondern.

Unter Anderem wurde diese Ansicht von *J. Müller* und *Troschel* für Dolium galea ausgesprochen, und manche Zoologen haben dasselbe von Pholadiden und Lithodomen, sowie von vielen Gastropoden (cf. *de Luca* und *Panceri*, Comptes rendus 1867. II, 577. 712) behauptet. Aus den vorliegenden Mittheilungen dieser Forscher scheint hervorzugehen, dass wir es hier mit dem Secrete vielleicht etwas nach vorn gerückter Lebern oder Leberabschnitte zu thun haben, da, nach meinen Untersuchungen zu schliessen, Speicheldrüsen den Mollusken vollständig fehlen. Die Sache kann nichts Auffallendes mehr haben, seitdem wir wissen, dass bei sehr vielen Mollusken und Articulaten das Lebersecret sauer und oft sehr sauer reagirt, dass dasselbe auch durch den Oesophagus nach aussen hin abgegeben werden kann (selbst bei Periplaneta orientalis). Jedenfalls dürfen diese Secrete bei Dolium, Cassis, Aplysia etc. nicht dem Magensafte höherer Thiere und noch viel weniger dem Speichel derselben oder vieler Articulaten, sondern vorläufig nur dem Lebersecrete der daraufhin untersuchten Mollusken verglichen werden.

Unter dem äussern Kalkdeckel (epiphragma) der überwinternden Helix pomatia findet sich meist eine mehr oder weniger grosse Zahl prall gespannter Häute, welche aber nicht, wie es mir anfangs schien, beim Abwerfen des Kalkdeckels verflüssigt werden, sondern einfach erweichen. Diese Erweichung scheint mir mit Hilfe des ausgeschiedenen sauren Lebersecretes zu geschehen, welches, wie Versuche mich lehren, dazu besonders geeignet ist, während (selbst warmes) Wasser diese oft sehr derben und widerstandsfähigen Membranen kaum nennenswerth geschmeidig macht.

Besonders interessiren müssen uns die *Leydig*'schen Beobachtungen an Corethra plumicornis (Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicornis. Zeitschr. f. w. Zool. 1851. Bd. III. S. 450), welche jetzt nicht mehr der von allen sonst Bekannten abweichenden Inter-

Drüsen nachgewiesen, welche aber ebenso sicher wie das *Hunter*[1])-*Siebold'*sche[2]) Pancreas, welches bei sehr vielen Cephalopoden nachgewiesen wurde,[3]) nur eine Zusatzflüssigkeit für das Lebersecret liefern werden.[4]) Dasselbe wird für die aus dem Verdauungstractus der Pulmonaten beschriebenen Drüsen zu gelten haben.

Aehnliche Verhältnisse, wie die eben beschriebenen, welche einen Transport der Secrete aus hintern nach vorderen Bezirken des Verdauungsrohres ermöglichen, scheinen sich bei höheren Vertebraten, bei welchen immer mehr oralwärts von den Verdauungsräumen die enzymatischen Secrete sich ergiessen, nicht mehr zu finden. Es können selbst, wie die Versuche von Herrn *Swieçicki*[5]) lehren, beim Frosch Enzyme an Stellen secernirt werden, an welchen die Reaction der Speiseballen ihre Wirkung gewöhnlich ganz verhindert, so dass sie erst in einem nachfolgenden Darmabschnitte ihre Verwendung finden.

Die enzymatischen Wirkungen, welche ich mit dem Secrete der Leber und ihrem Glycerinextracte bei den Limaciden, Heliciden und Cephalopoden erhielt, führen zu der Annahme einer Existenz **mehrerer** die Eiweisssubstanzen verdauender Enzyme, von denen die Lebersecrete verschiedener Familien und Classen der Mollusken verschiedene Mengen in verschiedener

---

pretation bedürfen, zu welcher *Leydig* griff. Auch bei der Larve dieses Zweiflüglers werden voraussichtlich die Verdauungsenzyme in Darmdrüsenzellen gebildet und erst nachträglich in den Pharynx hineingeschafft, wie es bei Mollusken und Articulaten sonst die Regel sein dürfte.

[1]) *Hunter,* The Catalogue of the physiological series etc. Vol. I, p. 229. Nr. 775.

[2]) *C. Th. von Siebold,* Lehrbuch d. vergl. Anatomie der wirbellosen Thiere. 1848. S. 393.

[3]) Ueber Vorkommen dieser Drüse, cf. *Siebold,* l. c.

[4]) Cf. Unters. aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 334.

[5]) *Pflüger's* Archiv, Band XVI. Heft 3. S. 122.

Mischung enthalten. Besonders wichtig sind in dieser Beziehung die Ergebnisse, wenn organische Säuren als Zusatzflüssigkeiten gewählt werden. Tabelle I. resumirt eine grosse Anzahl meiner Versuche, welche theils mit dem Glycerinextracte von Lebern, theils mit dem natürlichen Lebersecrete angestellt wurden: mit enzymatischen Flüssigkeiten, deren Wirkungsintensität in milchsaurer Lösung keine erhebliche Differenzen aufwies.

**Tabelle I.**[1])

| Zusatzflüssigkeit. | Eledone moschata. | Sepia officinalis. | Sepia elegans. | Sepiola Rondeletii. | Arion ater. | Arion rufus. | Limax cin.-ater. | Limax agrestis. | Helix nemoralis. | Helix pomatia. | Limnæus stagnalis. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wasser (bei neutral. Reaction der Verdauungsflüssigk.) | + | . | . | . | + | . | . | . | . | 0 | . |
| Salzsäure von 0,1 bis 0,2 % . . . . . . . | + | + | . | . | 0 | . | . | . | + | + | + |
| Sodalösung von 1 % | + | + | + | + | + | . | . | + | 0 | 0 | 0 |
| Oxalsäurel. v. 0,4 % | + | . | . | . | + | . | . | . | + | + | 0 |
| dito von 1 % . . | + | . | + | . | + | . | . | . | + | + | 0 |
| dito von 2 % . . . | + | . | . | . | 0 | . | + | 0 | + | + | 0 |
| Weinsäurelösung v. 0,4 % . . . . . . | . | . | . | . | + | + | + | . | + | + | . |
| dito von 1 % . . | + | . | + | . | + | + | . | . | . | + | . |
| dito von 2 % . . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . |
| Essigsäurelösung v. 0,2 % . . . . . . . | + | . | . | . | + | . | + | + | . | + | . |
| dito von 0,4 % . . | + | . | . | . | 0 | + | . | . | + | + | . |
| dito von 1 % . . | + | . | . | . | . | + | + | . | . | + | . |
| dito von 2 % . . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . |
| Milchsäurelösung v. 0,4 % . . . . . . . | + | . | . | . | + | + | . | . | . | + | + |
| dito von 1 % . . | + | . | . | . | . | + | . | . | + | + | + |
| dito von 2 % . . | + | . | + | . | . | + | + | . | . | + | + |

[1]) Die auf der Tabelle verzeichneten Resultate wurden mittelst der Secrete und Leberauszüge von stets mehreren Individuen (Sepia elegans 6, Eledone moschata an 20, Helix pomatia 50—60, Limax 10—20)

Vergleicht man zuerst die für die Heliciden und Limnæus stagnalis gewonnenen Resultate mit denen, welche die Untersuchungen bei den übrigen Mollusken ergaben, so zeigt sich mit Evidenz, — da z. B. bei Helix das Secret in 1 %iger Sodalösung, sowie bei neutraler Reaction unwirksam,[1]) in sauren Lösungen (in 0,4 %iger Essigsäure, 2 % Oxalsäure und in 0,1—0,2 % Salzsäure), in welchen das sehr wohl bei alkalischer Zusatzflüssigkeit wirkende Lebersecret der Limaciden nicht wirkte, hingegen sehr wirksam sich erwiesen, — dass bei Limaciden und Cephalopoden mindestens zwei verschiedene eiweissverdauende Enzyme, ein tryptisches und ein peptisches angenommen werden müssen, wie ich das gleichfalls für einige Articulaten später zu beweisen versuchen werde. Während das Lebersecret der Heliciden und von Limnæus stagnalis wenigstens im Winterschlafe [2]) der Thiere des pankreatischen

---

erhalten, so dass sie einigermassen als Durchschnittswerthe gelten können. Die Versuche wurden, wenn es nöthig schien, mehrfach wiederholt und immer durch Controlversuche sicher gestellt. Die Einwirkung liess ich bei dem als zweckmässig erkannten Salicylsäure- resp. Thymolzusatze drei Tage währen, und alle Lösungen, welche während dieser Zeit keine Wirkung erkennen liessen, sind durch eine Null bezeichnet. Eine specialisirte Angabe der Zeit, in welcher die Wirkung eintrat, hat für meine aus diesen Versuchen gezogenen Schlüsse keine Bedeutung und unterblieb deshalb.

[1]) Es sei bemerkt, dass es ebenfalls misslang mit schwacher Milchsäure- oder Salzsäurelösung ein irgendwie wirksames tryptisches Enzym aus diesem Organe zu extrahiren. Ebenso wenig wie bei Helix gelang nach diesen Methoden die Extraction eines tryptischen Enzymes bei Limnæus stagnalis und Paludina vivipara, ferner auch bei Mytilus und Ostrea edulis.

[2]) Nach meinen Untersuchungen scheint es, dass die Verdauung der Wirbellosen im Winter mehr durch rein peptische Enzyme bewerkstelligt wird. Ich darf behaupten, dass bei meinen Heliciden jede Spur eines tryptischen Fermentes fehlte, da grosse Mengen dieser Thiere zu meinen Versuchen verwendet wurden, während doch z. B. *Fredericq* (nach *Hoppe-Seyler's* Mittheilung in seiner physiologischen Chemie. II. Theil, S. 248) von einer Pancreasverdauung der Weinbergsschnecken spricht.

Enzymes ganz baar ist, erweist sich das Lebersecret der Limaciden, besonders das von Limax cinereo-ater und Arion rufus reicher an dem tryptischen als an dem peptischen Enzym. Mit dem Leberglycerinextracte von Eledone moschata erhält man nach meinen Versuchen entschieden eine stärkere fibrinverdauende Wirkung in saurer als in alkalischer Lösung: eine Thatsache, welche sich auch für viele Limaciden constatiren liess und direkt die Annahme widerlegt, dass es sich hier lediglich um eine Pancreasverdauung handle.

Zweitens ergibt sich aus dieser Tabelle, dass in saurer Lösung die enzymatische Wirkung des Lebersecretes unserer Cephalopoden und Limaciden am stärksten in milchsaurer, weinsaurer und oxalsaurer, schwächer in essigsaurer und am schwächsten in salzsaurer Lösung ist, was zwar keineswegs beweist, dass dieses Enzym mit dem Pepsin der höhern Vertebraten nicht identificirt werden darf. Zur Entscheidung der Frage, ob das tryptische Enzym der Mollusken das Trypsin *Kühne's* ist, bedarf es fortgesetzter Untersuchungen, da ich weder im Stande war unter den Verdauungsproducten bei alkalischer Lösung Leucin und Tyrosin aufzufinden, noch in unzweifelhafter Weise die Bromwasserreaction zu erhalten.

Drittens lehrt aber unsere tabellarische Uebersicht, dass das peptisch wirkende Enzym vieler dieser Mollusken sich nicht ganz identisch mit dem verhält, welches bei Articulaten und Conchiferen von mir näher studirt wurde.

Diese Versuche haben zu ferneren unerwarteten Ergebnissen

---

Im Widerspruch zu meinen im August v. Js. gewonnenen Ergebnissen bei Cyprinus carpio und zu denen anderer Autoren bei Cyprinus tinca konnte ich auch vor Kurzem (Januar) aus der Darmmucosa des letztgenannten Cyprinoiden ausser Trypsin ein kräftig wirkendes Pepsin extrahiren. Es würde hiernach die Schleihe (im Winter?) in Betreff der Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme im Digestionstractus den Uebergang bilden von dem Karpfen zu den Leuciscinen.

geführt, welche in der Tabelle keinen Ausdruck finden konnten. Während wahres Pepsin, wie meine Untersuchungen mir zeigen, durch Digeriren mit einer 2 %oigen Oxalsäurelösung (drei Tage lang liess ich die Einwirkung sich vollziehen) ebensowenig etwa von seiner Wirksamkeit einbüsst, als wenn man statt der Oxalsäurelösung eine 0,1 %ige Salzsäure oder 2 %oigeMilchsäure anwendet, wird das peptische Enzym, welches, soweit meine Kenntnisse reichen, ziemlich rein in den Lebern von Mytilus edulis enthalten ist, nach kurzer Zeit (zwei bis drei Stunden genügen bei Anwendung einer 2 %oigen Oxalsäure hinlänglich, um eine in milchsaurer Lösung stark wirkende enzymatische Flüssigkeit unwirksam zu machen) auf das vollkommenste zerstört. Diese merkwürdige Thatsache beweisen folgende meiner zahlreichen und unter sich in jeder Beziehung vollständig übereinstimmenden Versuche, welche mit einem in Salzsäure, Essigsäure, Weinsäure und Milchsäure fast gleich gut und sehr rasch wirkenden Mytilusleberglycerinextracte angestellt wurden.

Folgende Gemische:

1) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 %oige Oxalsäure,
2,5 gr. 0,2 %oige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

2) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 %oige Oxalsäure,
2,5 gr. Wasser,
10 gr. Flüssigkeit,

3) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 4 %oige Oxalsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

4) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 0,2 %oige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

setzte ich sechs Stunden lang einer Temperatur von 40° C. im Wasserbade aus. Die Flüssigkeiten wurden sodann durch Dialyse im fliessenden Wasser von den Säuren befreit und darauf mit Milchsäure, weil bei Zusatz dieser Säure mir die Wir-

kung am raschesten einzutreten scheint, versetzt. Es zeigte sich in ganz evidenter Weise, dass die enzymatische Lösung, welche mit Salzsäure versetzt gewesen war, so gut wie nichts von ihrer ursprünglichen Wirksamkeit verloren hatte. Alle andern Gemische — wie durch Zusatz von Kalkwasser erkannt wurde, durch die Dialyse vollständig oxalsäurefrei geworden — waren absolut unwirksam, denn das Enzym war durch die Oxalsäure zerstört. Fernere Versuchsreihen lehrten, dass es für die Wirkung der Oxalsäure ganz gleichgültig ist, ob ausser ihr noch andere Säuren (wie Milchsäure, Essigsäure, Weinsäure, Salzsäure) vorhanden sind oder nicht. Die zur vollständigen Zerstörung dieses peptischen Enzyms erforderliche Zeit hängt lediglich von der Menge der vorhandenen Oxalsäure und des Enzyms ab. Ist wenig Oxalsäure vorhanden, die Lösung hingegen reich an Enzym, so lässt sich sehr wohl eine fibrinverdauende Wirkung des Mytilusleberglycerinextractes in der oxalsäurehaltigen Lösung erzielen, wie Tabelle II. lehrt. Während jedoch in einer Lösung von gleichem Enzymgehalt, welche mit Milchsäure, Salzsäure, Weinsäure oder Essigsäure versetzt ist, nur die Zunahme der Concentration resp. der Verbrauch des Enzymes der Fibrinverdauung Einhalt thut, gelingt die Verdauung des rohen Fibrins in der oxalsäurehaltigen enzymatischen Lösung nur in sehr beschränktem Maasse. Sehr bald ist in dieser die Wirkung verschwunden, um nie wiederzukehren, welcher Kunstgriffe man sich auch bedienen mag. Diesem peptischen Enzyme kommt auch die Eigenschaft zu in essigsaurer Lösung gekochtes Fibrin zu verdauen [1]). Nie trat bei meinen Versuchen diese Wirkung ein, wenn Salzsäure oder Milchsäure als Zusatzflüssigkeiten gewählt waren. Es ist dieses eine andere Eigenschaft, durch welche es sich von dem gleich zu besprechenden peptischen Enzyme, wel-

[1]) Nach meinen Versuchen wirkt 2⁰/₀ige Oxalsäurelösung rascher zerstörend auf das Trypsin ein als 0,1⁰/₀ige Salzsäure oder 2⁰/₀ige Milchsäure.

ches sich bei Cephalopoden und Pulmonaten findet, unterscheidet.

Wesentlich abweichend von diesem fernerhin als **Conchopepsin** zu bezeichnenden Enzyme verhält sich jenes, welches unvermischt mit andern Enzymen sich bei Helix pomatia findet. Dieses wird ebensowenig, wie das Pepsin der Vertebraten, mit welchem es jedoch keineswegs identisch ist, von Oxalsäure zerstört. Vom Pepsin unterscheidet es sich dadurch, dass ihm, wie ich behaupten darf, vollkommen die Fähigkeit abgeht, gekochtes Fibrin zu peptonisiren, während rohes rasch verdaut wird. Bei Zusatz von organischen Säuren (und ganz besonders in verdünnteren Lösungen derselben) wirkt es am energischsten, in Salzsäure langsamer. Gewöhnlich ist zwar eine sehr beträchtliche Verzögerung bei Salzsäurezusatz bemerkbar, welche aber auf den entstehenden Niederschlag zurückzuführen ist. Versuche — bei welchen dieser abfiltrirt, das Filtrat dialysirt und darauf in zwei Portionen getheilt wurde, deren eine mit Salzsäure angesäuert, während die andere mit Milchsäure, resp. Essigsäure, oder Oxalsäure versetzt wurde — beweisen, dass die Salzsäure sich bei weitem nicht so schlecht als Zusatzflüssigkeit eignet, als man vielleicht nach oberflächlichen Untersuchungen annehmen möchte. Lösungen, in welchen bei Zusatz des enzymatischen Glycerinextractes kein Niederschlag sich bildete, wirkten sehr rasch fibrinverdauend. Dieses Enzym wird von mir künftig **Helicopepsin** genannt.

Am sichersten kann man sich von der Verschiedenheit des Conchopepsin und Helicopepsin durch folgende Versuche überzeugen: Etwa 5 gr. eines kräftig wirkenden Glycerinextractes der Mytilus- und Helixlebern werden jede für sich in einem Probirgläschen mit 10 gr. einer 0,2 $^0/_0$igen Salzsäure versetzt, bei deren Zusatz kein Niederschlag entstehen darf. Fügt man nun 5 gr. einer 8 $^0/_0$igen Oxalsäurelösung, — wodurch man eine 2 $^0/_0$ Oxalsäure enthaltende

Flüssigkeit erhält, und welche sich auch bei dem Oxalsäurezusatz nicht getrübt hat, — hinzu, so zeigt sich nach kaum zehnstündiger Digestion der beiden Flüssigkeiten bei 40° C., dass die helicopeptische Lösung das hinzugefügte rohe Fibrin fast ebenso gut wie vor dem Oxalsäurezusatz verdaut, während die andere Flüssigkeit vollkommen unwirksam geworden ist. Diese Versuche wurden von mir wiederholt angestellt und lieferten stets die nämlichen unzweideutigen Resultate.

Andere Versuche, zu welchen Herr Geh. Rath *Kühne* mich anregte, haben dargethan, dass eine mehrstündige Digestion mit Soda (die enzymatische Flüssigkeit wurde dabei auf einen Gehalt von 1 % an diesem Salze gebracht) bei 40° C. sowohl das Pepsin und Helicopepsin, als auch das Conchopepsin gänzlich vernichtet. Das zeigte sich nicht nur, wenn die Alkalescenz der Flüssigkeit später durch Salzsäure übercompensirt wurde, sondern auch, wenn die Soda vor dem Säurezusatz durch Dialyse entfernt war.

Die Eigenschaften dieser Enzyme entfernen sich soweit von denen des Trypsins, dass es unnöthig ist auf die Differenzpunkte, welche sich aus dem Vorigen leicht herausfinden lassen, aufmerksam zu machen. Nur sei erwähnt, dass Trypsin bei 40° C. nach längerer Einwirkung von Oxalsäure (0,4 — 2 %) ebenso vollständig wie durch jede andere daraufhin untersuchte Säure zersetzt wird. Höchstens liesse sich eine Uebereinstimmung eines dieser Enzyme mit dem Digestin (*Thiry's* Darmenzym) vermuthen, dessen Eigenschaften jedoch zu wenig sichergestellt sein dürften, um einen solchen Vergleich zu ermöglichen. [1])

Das peptisch wirkende Enzym in den Lebern und in der Galle von Cephalopoden und Limaciden verhält sich wie Helicopepsin. Die Frage, ob sich hier neben demselben noch etwas Conchopepsin findet, wird sich schwer entscheiden lassen. Das peptisch wir-

[1]) In dem Glycerinextracte der Lebern von drei zur Untersuchung verwendeten Ostrea edulis vermisste ich das diastatische Enzym.

kende Enzym von Ostrea edulis scheint mir reines Conchopepsin zu sein; über das von Limnæus und Planorbis sind weitere Untersuchungen abzuwarten.

Die Lebern (sowie deren enzymatisch wirkendes Secret), welche von Cephalopoden (Eledone, Sepia) und Pulmonaten (Helix pomatia) auf das Vorkommen von diastatischem Enzym untersucht wurden, fand ich reich an diesem. Sie gleichen demnach auch in dieser Beziehung den Leberschläuchen von Astacus fluviatilis und Periplaneta orientalis, welche wie die Leber von Mytilus edulis[1]), die Darmdrüsen von Hydrophilus piceus, die sogenannten Chloragogenzellen von Lumbricus terrestris, reich an diastatischem Enzym sind. Andererseits aber unterscheiden sie sich dadurch von den Lebern der meisten Vertebraten.

Der Zucker, welcher in allen Molluskenlebern meist in reichlicher Menge vorkommt, wurde aus den Secreten und Extracten auf das vollständigste mittelst Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und die Resultate durch Controlversuche gestützt. Bei diesen Untersuchungen wurde stets die durch Dialyse zuckerfrei gemachte enzymatische Lösung in zwei Portionen getheilt, beiden gleiche Quantitäten Stärkekleister zugesetzt und in der einen das Enzym durch Kochen zerstört. Während nach $^1/_2$—1stündiger Digestion bei $40^0$ C. die gekochte Lösung sich vollständig zuckerfrei erwies, zeigte die *Trommer*'sche Probe in der andern Portion einen grossen Zuckergehalt an.

In derselben Weise wurden die sogenannten Speicheldrüsen nicht nur mehrerer Cephalopoden, sondern auch die von Arion rufus und Helix pomatia auf das Vorkommen des diastatischen

---

[1]) Beobachtungsfehler können bei diesem Versuche schwerlich jemals unterlaufen, weil das gekochte Fibrin in dieser Flüssigkeit nicht aufquillt. Dasselbe zerfällt nach und nach in immer kleinere Stücke, welche zuletzt nur eine geringe Menge Detritus hinterlassen.

Enzyms geprüft. Bei der Präparation dieser Organe war mit aller Sorgfalt darauf geachtet, dass das Verdauungsrohr unverletzt erhalten blieb. Nie gelang es mir nur eine Spur von diastatischem Enzym in diesen Organen aufzufinden, so dass kaum ein Zweifel darüber bestehen kann, dass diese Drüsen mit Unrecht im functionellen Sinne „Speicheldrüsen" genannt werden.

Die Kenntniss der vorgenannten eiweisszersetzenden Enzyme und des die Stärke saccharificirenden reicht nicht aus zum richtigen Verständnisse der Mollusken leber. *Claude Bernard*[1]) beschreibt von Limax flavus einen so merkwürdigen und interessanten Mechanismus der Lebersecretion, dass ich mir nicht versagen kann, dessen Beschreibung, übersetzt, an dieser Stelle einzuschalten. „Wenn man den Magen- und Darminhalt von Limax flavus untersucht und zwar bei Thieren, welche lange gehungert haben, so kann man die Gegenwart einer sehr braunen Galle nachweisen, doch in derselben keine Spur von Zucker. Nehmen die Thiere aber dann Nahrung auf, so ergiesst sich ein saurer Magensaft, welcher sich mit der Nahrung mischt und in welchem sich auch kein Zucker findet. Diesen Befund macht man aber nur so lange, als die Verdauung währt, und sobald die Nahrung fast vollständig aus dem Magen in den Darm übergetreten ist, ergiesst sich aus dem Ductus choledochus nahe dem Pylorus eine farblose zuckerhaltige Flüssigkeit in den Magen. In dem Maasse als die Absorption im Darm fortschreitet, vermehrt sich die Secretion dieser zuckerhaltigen Flüssigkeit in der Leber so sehr, dass der Magen bald von dem Secrete angefüllt und ausgedehnt wird. Die Secretion der zuckerhaltigen Flüssigkeit und der Erguss derselben in den Magen erfolgt somit nach der sogenannten Magenverdauung und fällt mit der Absorptionsperiode im Darme zeitlich zusammen. Diese Flüssigkeit sammelt sich dann auch in

[1]) *Cl. Bernard*, Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sciences nat. 3e série, 1853, t. XIX, p. 332.

dem nach dem Magen zu sich weit öffnenden Ductus choledochus und staut sich, nachdem der Magen ausgedehnt ist, in der Leber selbst an. So kommt auch in der Leber eine sehr beträchtliche und auffällige allgemeine Dilatation zu Stande. Bald aber verringert sich der Umfang des Magens, des Ductus choledochus und der Leber in Folge der Absorption dieser Flüssigkeit. Diese Aufsaugung wird vorzugsweise im Magen erfolgen, wo das Secret sich besonders anzusammeln scheint, ohne in den Darm überzutreten. Wenn die Absorption fast vollendet ist, secernirt die Leber eine andere Flüssigkeit, die sich in keiner Weise von der Galle unterscheidet. Das Secret, welches sich dann aus dem Ductus choledochus ergiesst, verarmt nach und nach immer mehr an Zucker, wird zugleich immer mehr gefärbt und ist zuletzt reine zuckerfreie Galle, wie man sie in dem Verdauungsrohre der nüchternen Limax findet. Dann verschwindet die Turgescenz der Leber und ihr Volum nimmt ab. Diese dunkle Galle, welche zuletzt secernirt wurde, scheint nicht merklich resorbirt zu werden; sie bleibt im Darme und man findet sie mehr oder weniger eingedickt und mit ihrer braunen Farbe noch bei der folgenden Verdauungsepoche.“ [1]) Besonders wichtig dürfte an dieser Mittheilung der Befund einer Zuckerbildung in der Leber sein, welcher mich veranlasst, für dieses Organ auch den Charakter der Leber höherer Vertebraten in Anspruch zu nehmen. Ferner folgt aus den Versuchen *Claude Bernard's* an Limax flavus,

---

[1]) Nach den Angaben von *F. Plateau* (Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgique. T. XLI. Partie I., p. 53), dessen Schlüsse jedenfalls einer Rectification bedürfen, findet sich vielleicht ein diesem ganz identischer Vorgang bei Hydrophilus piceus. Ebenso leicht dürfte sich jetzt auch das Räthsel lösen, welches uns *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Z. f. w. Z. 1850, S. 169 Anm.) mittheilt. *Leydig* fand nämlich bei zum Winterschlaf sich anschickenden Paludinen die Leber sehr verschieden gefärbt und verwerthet diesen Befund zu Gunsten seiner Ansicht, nach welcher „fetthaltige Zellen in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen“ sollen.

dass die Gallensecretion bei diesen Thieren keine stetige, wie bei den höheren Vertebraten ist.

*Sirodot*[1]) will in den Lebern von Helix pomatia glycocholsaures Natrium nachgewiesen haben. Dieses ist die einzige mir bekannt gewordene Mittheilung über das Vorkommen eines specifischen Gallenstoffes bei Evertebraten.

Um mich über den Werth dieser Angabe zu versichern, extrahirte ich die fein zerriebenen Lebern 46 grosser Exemplare von Helix pomatia mit kochendem Alkohol, filtrirte siedendheiss den alkoholischen Auszug durch Thierkohle, um die Farbstoffe zu entfernen, dampfte das Filtrat zur Trockne ein und nahm den Rückstand (mit einer in Wasser gelösten Probe desselben gelang die *Pettenkofer*'sche Gallenreaction nicht) mit sehr wenig absolutem Alkohol auf. Dieses Extract wurde mit Aether im Ueberschuss versetzt. Der dabei entstehende Niederschlag war, wie die üblichen Reactionen bewiesen, vollständig frei von Gallensäuren. Nach der *Strecker*'schen Methode wurde ebenfalls nur ein negatives Resultat erzielt.

Die Absorptionsspectren der alkoholischen Auszüge von den Molluskenlebern, welche neben einigen andern vergleichsweise dargestellten Spectren die beigegebene Tafel veranschaulicht, liessen es mir, zumal der bei Eledone moschata gefundene schwache Streifen vor D mit dem als zweiter bezeichneten Streifen der Rindsgalle coincidirte, wünschenswerth erscheinen, auch auf die Gallenfarbstoffe die Untersuchung auszudehnen. Bei diesen Untersuchungen wurde folgendermaassen verfahren:

Die farbstoffreiche wässerige Lösung wurde mit Ammoniak und Chlorbarium versetzt und der entstandene stark gelb gefärbte Niederschlag mit essigsäurehaltigem Alkohol ausgezogen; die gefärbte Lösung eingedampft und mit natronhaltigem Wasser aufgenom-

---

[1]) *Sirodot,* Recherches sur les sécrétions chez les Insectes. Ann. des sciences nat. Série IV. T. X, p. 145.

men. Die *Gmelin*'sche Gallenfarbstoffreaction liess sich mit dieser schwach gefärbten Lösung nicht erhalten. Auch darf schon aus der Thatsache, dass sich das Leberpigment der Mollusken leicht in reinem Wasser und in fetten Oelen löst[1]), fast unlöslich aber in Chloroform ist, seine Verschiedenheit von den typischen Gallenfarbstoffen gefolgert werden[2]). Auch habe ich gefunden, dass bei Mytilus edulis spectroskopisch ein und dasselbe Pigment Kiemen, Eierstöcke, Mantel wie Leber färbt, was zwar, wie sich gleich zeigen wird, nicht ohne Weiteres beweisen kann, dass diese Farbstoffe mit den echten Gallenpigmenten nicht identisch oder ihnen nicht functionell gleichwerthig sind.

Seitdem es durch die Untersuchungen von *Kühne*, *Jaffé*, *Maly* und *Hoppe-Seyler* im höchsten Grade wahrscheinlich geworden ist, dass die Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Hämoglobins sind, dürfen wir jene mit grösserer Zuversicht auch wohl nur bei denjenigen Evertebraten zu finden hoffen, in deren Geweben Hämoglobin nachzuweisen ist[3]). Ein solcher Nachweis würde für die Stoffwechselfrage von grosser Bedeutung sein und würde gleichzeitig eine weitere Uebereinstimmung zwischen den Lebern der Wirbellosen und der Vertebraten documentiren. Die ganze Entscheidung der Frage, ob man berechtigt ist, die Evertebratenleber mit der der Wirbelthiere zu analogisiren, wird aber schwerlich an diesen Befund allein geknüpft werden können;

---

[1]) Nähere Angaben über den Farbstoff der Helixleber finden sich in der bereits citirten Abhandlung von *T. F. W. Schlemm.*

[2]) Die Abwesenheit von Bilirubin und Biliverdin in der Astacusleber wurde bereits von *T. F. W. Schlemm* (l. c. p. 36) constatirt, welcher in derselben reichlich Cholestearin fand. Cf. auch *F. Hoppe-Seyler* in *Pflüger's* Archiv, Bd. XIV. S. 399.

[3]) Nach den Angaben *Ray Lankester's* sind günstigere Erfolge bei der Untersuchung des Leberextractes folgender Mollusken zu erwarten: Limnæus, Paludina, Planorbis, Littorina, Patella, Chiton, Aplysia, Solen legumen etc.

denn, wie sich aus folgendem kurzen Resumé der spectralanalytischen Arbeiten über das Vorkommen des Hämoglobins und anderer Farbstoffe im Thierreiche ergeben wird, ist weder die Hämoglobinbildung charakteristisch für das Blut, noch die Gallenfarbstoffbildung charakteristisch für die Leber. Seit den interessanten Beobachtungen von *Nawrocki*[1]), *Ray Lankester*[2]), *Moseley*[3]) u. A., welche die Gegenwart des Hämoglobins bei den verschiedensten Classen der Wirbellosen dargethan haben, hat bekanntlich das Hämoglobin aufgehört, ein typischer Stoff für die Vertebraten zu sein, und *Kühne's* Nachweis[4]) des beim Kaninchen auf einzelne Muskeln im Vorkommen beschränkten Hämoglobins hat die Vorstellung von einer lediglich im Dienste der Blutathmung stehenden Bedeutung desselben wesentlich modificirt. Durch die Bemühungen englischer Forscher steht uns heute eine grosse Anzahl von der Beobachtung *Kühne's* analogen Befunden zu Gebote, ohne dass es jedoch bisher geglückt wäre, das auf einzelne Organe beschränkte Vorkommen des Hämoglobins mit einer functionellen Bedeutung dieser Theile in Beziehung zu setzen. Ferner konnte der Blutfarbstoff in sehr verschiedenen Geweben (glatte und quergestreifte Musculatur, Nervenganglien [Aphrodite aculeata] etc.) aufgefunden werden, und zwar bei

1) *Nawrocki*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1867. S. 196.

2) *E. Ray Lankester*, Observation with the Spectroscope. Journ. of Anat. and Physiol. 1867. p. 114. — Ueber das Vorkommen von Hämoglobin in den Muskeln der Mollusken etc. *Pflüger's* Archiv, Jahrg. IV. 1871. S. 315. — A Contribution to the Knowledge of Hæmoglobin. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XXI. 1873. p. 70. — On the Spectroscopic Examination of Certain Animal Substances. Journal of Anat. and Physiol. Vol. IV. 1870. p. 119.

3) *H. N. Moseley*, On the Colouring Matters of Various Animals, and especially of Deep-sea. Quarterly Journal of Microscopical Science. Vol. XVII, new ser. 1877. p. 1.

4) *W. Kühne*, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Arch. f. path. Anat. Bd. XXXIII. 1865. S. 79.

Thieren, deren Blut frei davon ist. Diese Untersuchungen widerlegen hinreichend die noch sehr verbreitete Ansicht, dass das Hämoglobin in seinem Vorkommen auf das Blut beschränkt sei.

Was über die Befunde des Hämoglobins in den Geweben zu sagen war, lässt sich auch direct auf die Gallenfarbstoffe übertragen. Auch sie finden sich weder bei den Vertebraten in ihrem Vorkommen auf die Leber beschränkt[1]), noch werden sie diesem Typus der Thiere eigenthümlich sein.

Nicht weniger wichtig als der Nachweis des Vorkommens echter Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen dürfte die Entscheidung der Frage sein, ob die Farbstoffe mit ausgezeichneten Absorptionsbändern, welche ich in den Lebern von Mollusken auffand, den Gallenfarbstoffen der Vertebraten in chemischer Beziehung nahe stehn. Wie aus den Spectren auf Tafel I ersichtlich ist, wird durch den Absorptionsstreifen vor C, dessen Lage und Breite bei den alkoholischen Leberextracten der verschiedenen Mollusken zwar geringe Differenzen erkennen lässt, eine gewisse Uebereinstimmung der Molluskenlebern unter sich ausgedrückt. Auch wird durch den Streifen vor E eine Uebereinstimmung des Farbstoffes in der Eledone- und Helixleber angedeutet, obgleich der sehr wenig ausgeprägte Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Eledoneleber erkennen liess, von mir in dem alkoholischen Auszuge der Lebern von Helix pomatia und der anderen Mollusken vollständig vermisst wurde. Eine Aehnlichkeit mit den Farbstoffen in der Galle des Rindes könnte nur in dem sehr schwachen Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Leber von Eledone moschata aufweist, vermuthet werden.

Auffallend bleibt die grosse Constanz der Pigmentirung,

---

[1]) cf. *F. Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. pathol.-chem. Analyse. IV. Aufl. 1875. S. 209. (III. Aufl. S. 180). — Physiologische Chemie. Th. II. 1878. S. 293.

welche die Lebern sowie ihr Secret auch bei den Wirbellosen charakterisiren, und welche fast als ausschliessliches Motiv zur Bezeichnung dieser Organe führte. Nicht unwahrscheinlich dürfte die von den Zoologen gemachte Annahme sein, dass die Farbstoffbildung in diesem Organe für die Wirbellosen von einer analogen Bedeutung ist, wie die der echten Gallenfarbstoffe für die Vertebraten.

Dass die Evertebratenlebern auch durch ihren Zuckerreichthum den Lebern höherer Thiere gleichen, hat schon *Claude Bernard* bewiesen, während ihr Fettgehalt eingehender zu untersuchen sein wird[1]).

Alle Enzyme, welche im Verdauungsrohre der von mir untersuchten Mollusken nachzuweisen sind, lassen sich, wie wir sehen, auch aus der Leber dieser Thiere extrahiren. Das künstliche Leberextract ist vollkommen identisch mit der Galle oder dem sogenannten Magensaft. Aus dem Mitgetheilten folgt ferner, dass die Leber dieser Thiere nicht nur alle die Functionen erfüllen kann, welche Speichel- und Magendrüsen, Pankreas und Leber der höhern Thiere in toto versehen, sondern auch dass sie ausschliesslich die Enzymbildung besorgt. Die Leber liefert alle Secrete in genügender Fülle, welche die Verdauung der Nahrung bei diesen Thieren irgendwie verlangt. Die Mollusken bedürfen keines Pankreas, keiner Speichel- und Magendrüsen; denn alle Functionen dieser Organe sind in ihrer Leber vereinigt. Ob in diesem so vielseitigen Organe Alles (die verschiedenen Enzyme, das Fett, der Zucker, die Gallenfarbstoffe etc.) durch Colliquation

---

[1]) Von Wichtigkeit für das Verständniss der Leberfunction bei Mollusken scheinen mir auch die Untersuchungen von *Sabatier* (Sur un organ parachymateux d'un gros volume chez les Ampullaires, qui est situé entre le foie et l'organe de Bojanus. Revue scientifique. Septième année. Série II. Nr. 13. p. 301) zu sein, nach welchen bei Ampullarien eine Drüse zu existiren scheint, welche theils Leber-, theils Nierenfunction versieht.

aus Einer Zelle hervorgehen kann, ob Transsudation und zur Becherzellenbildung führende Quellung der Zellen periodisch abwechseln, oder ob Arbeitstheilung unter den Leberzellen herrscht, muss zur Zeit wohl als eine offene Frage angesehen werden[1]. Der kleine und grosse periodische Wechsel der Enzymproduction, die Verschiedenheiten unter den Lebersecreten bei nahe verwandten Thieren werden sichere Ausgangspuncte zur Lösung dieser Frage bieten.

## II. Ueber die Verdauung einiger Articulaten.

### 1) Astacus fluviatilis *Rond.*

Das Astacuslebersecret enthält mindestens drei Enzyme, ein diastatisches, ein peptisches und ein tryptisches, denen nach *Hoppe-Seyler*'s Angabe[2] ein fettzersetzendes als viertes anzureihen wäre.

Von der Gegenwart des diastatischen Enzymes in diesen Lebern kann man sich durch die üblichen Methoden leicht überzeugen, doch ist es auch hier nöthig aus dem Magensafte wie dem Leberextracte auf die beschriebene Weise den Zucker vorher zu entfernen, wenn man zu beweiskräftigen Ergebnissen gelangen will. Dass neben dem tryptischen ein peptisches Enzym sich findet, lehrt die Extraction dieser Organe mit einer 2⁰/₀igen Milchsäure- oder 0,1—0,2⁰/₀igen Salzsäurelösung. Auf die zerkleinerten

---

[1]) Nach *Heinrich Meckel* (Mikrographie einiger Drüsenapparate der niederen Thiere. *Müller's* Archiv. 1846. S. 11 u. 12) entsteht bei Lymnæus stagnalis, Helix, Planorbis, Anodonta, Dreissena, Cyclas Paludina, Ostrea etc. das Gallenfett in anderen Zellen als das Gallenpigment. *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1850 Bd. II. S. 169) hingegen glaubt sich dahin aussprechen zu müssen, „dass nicht Gallenfett und Gallenfarbstoff, jedes für sich in einzelnen Zellen bereitet wird, sondern dass die fetthaltigen Zellen durch Umwandlung ihres Inhalts in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen."

[2]) *Hoppe-Seyler*, Unterschiede im chem. Bau u. d. Verdauung höherer u. niederer Thiere. *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIV. S. 398.

Astacuslebern liess ich in dem einen Falle erstere, in dem anderen die letztere Lösung acht Stunden lang bei 38° C. einwirken, während zugleich ein zweckmässiger Zusatz von Salicylsäure die Verdauungsflüssigkeit vor der Zersetzung durch niedere Organismen schützte. Die angedaute Masse wurde ausgepresst, filtrirt und in je zwei Portionen getheilt, von denen die eine mittelst Soda neutralisirt und auf einen Gehalt von 1 % an diesem Salze gebracht wurde; die andere Portion blieb unverändert. Die Flüssigkeiten, welche sauer (sei es durch Milchsäure oder Salzsäure) geblieben waren, hatten im Laufe von zwei Stunden die eingelegte Fibrinflocke bis auf einen unbedeutenden Rückstand verdaut, während die Portionen von alkalischer Reaction selbst nach Tagen die Flocken unverändert liessen. Mit gekochter Verdauungsflüssigkeit angestellte Controlversuche bestätigten den Befund, welcher meines Erachtens keine andere Deutung zulässt, als dass ebenfalls von der Lösung aufgenommenes tryptisches Enzym durch die Salzsäure in derselben Weise zerstört wurde, wie es wirkliches Trypsin wird.

Die Wirkung in salzsaurer Lösung bleibt nur dann aus, wenn man den wässrigen Leberauszug oder das Secret mit Salzsäure versetzt, weil der entstehende Niederschlag viel oder alles Enzym mit niederreisst. Immer, auch wenn nur Eine Leber extrahirt wurde, erhielt ich eine, zwar oft erst nach längerer Zeit eintretende Wirkung, in 0,1—0,2 % Salzsäure, wenn das angegebene Verfahren eingehalten wurde. Schon die einfache Thatsache, dass das Lebersecret von Astacus sauer reagirt[1]), hätte zur Aufsuchung des peptischen Enzymes führen sollen. Ist es

---

[1]) Die saure Reaction des Secretes der Krebsleber wurde zuerst von *T. F. W. Schlemm* (l. c. S. 29) entdeckt, und *Lindner* (Nonnulla de hepate et bile evertebratorum. Dissertatio. Berolini 1844, S. 23) bestätigt diese Angabe, auf den Unterschied mit der Wirbelthiergalle aufmerksam machend.

doch vollkommen unverständlich, wie ein Enzym im Dienste der Verdauung wirken kann, wenn in dem Hauptverdauungsraume die Reaction seine Wirkungsfähigkeit verhindert oder wenigstens im hohen Grade beeinträchtigt. Zwar dürfte es nicht seltsamer erscheinen und diesen Vorwurf in etwas abschwächen, dass zugleich in dem Lebersecrete von Astacus sich neben dem tryptischen, welches erst in einem nachfolgenden Verdauungsbezirke seine Verwendung finden könnte, ein peptisches Enzym vorhanden ist, das jenes nach nur einigermaassen lange währender Einwirkung vollständig zu zerstören vermag. Ferner ergibt sich schon daraus, dass die eiweissverdauende Wirkung des Krebslebersecretes sich in 0,5—2 %iger Milchsäurelösung fast ebenso rasch vollzieht als in 1 %iger Sodalösung oder bei ganz neutraler Reaction, dass dieses keine rein tryptische, sondern eine von der des Trypsins sehr verschiedene Wirkung ist. Das Trypsin, nach *Kühne*'s Untersuchungen in schwachen Lösungen organischer Säuren auf Eiweissstoffe nicht ganz unwirksam [1]), unterscheidet sich also dadurch von diesen Enzymen, dass es in alkalischen und neutralen Lösungen viel rapider wirkt als in schwach sauren; auch wirkt Trypsin nie fibrinverdauend in einer 1—2 pr. m. ClH.

Die Thatsache, dass das peptische Enzym durch längere Digestion bei 40° C. mit Sodalösung, das tryptische hingegen durch längere Digestion mit Salzsäure bei derselben Temperatur zerstört wird, liefert die einfachste Methode zur Reindarstellung dieser beiden Enzyme. Die Zusatzflüssigkeiten lassen sich durch

---

[1]) Das Leberextract von Cyprinus tinca, von dem angenommen werden darf, dass es reines Trypsin enthält, wirkt nach meinen Versuchen ebenfalls fibrinverdauend in 1- und 2 %iger Milchsäure-, 0,4- und 1 %iger Essigsäurelösung, während es sich unwirksam in 1 %iger Oxalsäure erweist. Auch das Leberextract von Leuciscus melanotus zeigte in 1 %iger Milchsäure fibrinverdauende Wirkung. Das Karpfenleberextract, durch Selbstverdauung gewonnen, war unwirksam in 2 %iger Essigsäure, 0,5- und 1 %iger Oxalsäure.

Dialyse leicht entfernen. Mit so gereinigten enzymatischen Flüssigkeiten wurden meine Versuche (die verdauende Wirkung prüfte ich immer an rohem Fibrin) ausgeführt, deren Resultate in Tabelle II ihren Ausdruck finden. Es ergibt sich daraus, dass es mir nicht gelang, eine Verdauung in oxalsaurer Lösung herbeizuführen, selbst wenn Glycerinextracte angewendet wurden, welche sich bei Oxalsäurezusatz nur mässig trübten, oder wenn ich direct die Lebern mit oxalsaurer Lösung extrahirte. Gekochtes Fibrin liess sich weder in milchsaurer noch in salzsaurer Flüssigkeit verdauen. In diesen Eigenschaften gleicht somit das peptische Enzym von Astacus dem Conchopepsin. Doch werden weitere Untersuchungen zu lehren haben, inwieweit diese Uebereinstimmungen mit den Eigenschaften des Conchopepsin und die Differenzen vom Pepsin der Vertebraten begründet sind, und ob sich deren Zahl durch andere Versuchsreihen nicht noch erheblich vermehren lässt.

Der chemische Act der Verdauung vollzieht sich beim Flusskrebs ausschliesslich im Magen; denn wenn der Speisebrei im Darme alkalisch wird, ist, wie ich mich vielfach überzeugte, das tryptische Enzym in demselben bereits vollständig zerstört.

Die Entscheidung der Frage, ob das neben dem peptischen vorkommende tryptische Enzym wahres Trypsin ist, bleibt spätern Untersuchungen überlassen, da ich unter den Verdauungsproducten weder Leucin noch Tyrosin auffinden konnte. Der Körper, welcher die Bromwasserreaction veranlasst, bildet sich in reichlicher Menge.

### 2) Periplaneta (Blatta) orientalis *L.* nebst Bemerkungen über die Function der sog. Kaumägen.

Die Angaben von *S. Basch*[1]) und *Jousset*[2]), nach welchen die Speicheldrüsen der Blatta ein diastatisches Enzym ent-

---

[1]) *S. Basch*, Unters. über das chylopoëtische und uropoëtische System der Blatta orientalis. Sitzungsb. der Wiener Acad. Bd. XXXIII. 1858 Nr. 25. S. 234—260.

[2]) *Jousset*. Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des Insectes. Compt. rend. T. 82 p. 97.

halten, kann ich vollständig bestätigen. Ich bediente mich derselben Methode, welche bei dem Nachweis dieses Enzymes in den Molluskenlebern Anwendung fand und an jener Stelle beschrieben ist. Dasselbe Enzym liess sich aus dem in den Speichelreservoiren angesammelten schleimigen Secrete gewinnen. Es besteht somit keine Identität zwischen diesen Speicheldrüsen und den Pharynxschleimdrüsen der Mollusken.

Von eiweissverdauenden Enzymen sind diese Drüsen vollkommen frei, wie schon *Jousset* hervorhob. Ich habe auch die Versuchsanordnung genau in der von *Basch* beschriebenen Weise[1]) getroffen; natürlich mit demselben negativen Resultate.

Der Magen ist auch bei diesem Articulaten ein Hauptverdauungsraum, jedoch in etwas anderer Weise als beim Krebse. Er erhält wie bei Astacus das Secret der Leberschläuche aus erster Quelle und kann nicht lediglich als der Resorption dienend, wie *Jousset* will, angesehen werden. Der aus der stärkereichen Kost, durch die Einwirkung der aus den Speicheldrüsen und den Leberschläuchen (!) stammenden Diastase gebildete Zucker scheint auch mir, in Bestätigung der Angabe *Jousset's*, in dem Magen ziemlich vollständig resorbirt zu werden; denn der Inhalt des sogenannten Chylusdarmes ist sehr arm an Zucker, ja der letztere kann selbst ganz in diesem Darmabschnitte fehlen. Dieser Befund deutet darauf hin, dass die saccharificirende Wirkung der Secrete auf Stärke und die Resorption des Zuckers hier sehr rapide erfolgen und bereits zum Abschluss gelangt sind, wenn die Speiseballen in den Darm übergeführt werden.

Die Eiweissstoffe werden in dem Magen, dessen Inhalt nur eine geringe Peptonreaction zeigt, sehr wenig verändert, obgleich die zu ihrer Transformirung nöthigen Enzyme an diesem Orte keineswegs fehlen. Dieses dürfte allein darin seine Begründung

---

[1]) *S. Basch*, l. c. S. 257.

finden, dass die Nahrung nur kurze Zeit im Magen verweilt und in Folge dessen die Wirkung der peptonisirenden Enzyme ihr Anfangsstadium nicht überschreitet.

Hat die Speise den complicirt gebauten Pylorialapparat, über welchen später Einiges zu sagen ist, passirt, so verliert sie mehr und mehr von ihrer sauren Beschaffenheit, sei es, weil die Säure gebunden, zersetzt, oder sei es, weil sie resorbirt wird. *Basch's* Angabe, der Inhalt des Chylusdarmes besitze immer alkalische oder neutrale, entschieden keine saure Reaction, fand ich stets bestätigt; aber ich glaube doch annehmen zu müssen, dass erst in diesem Abschnitte die Neutralisation, durch Diffusionsvorgänge rasch um sich greifend, eintritt, weil das saure Secret der Blinddärme im Magen stets, auch wenn der letztere reichlich Mehl enthält [1], unter normalen Umständen seine ursprüngliche Reaction bewahrt. Meine Untersuchungen drängen zu der Annahme, dass das Secret der Blinddärme bei Blatta sich nicht in den sogenannten Chylusdarm ergiesst, wie es früher für selbstverständlich galt, sondern in den Magen. Einen, aber immerhin unbedeutenden Abfluss in den ersteren Abschnitt will ich zwar nicht in Abrede stellen. In der vortrefflichen Arbeit *V. Graber's* [2]) findet meine nothwendige Annahme eine unerwartete Stütze, wenn schon die stomachalen Ausführungsgänge der Blinddärme erst noch nachzuweisen sind. *Graber* fand nämlich, dass bei Decticus verrucivorus die Appendices pyloricae dadurch gebildet werden, dass sich zwischen die innere Chitin- und die äussere Muskelhaut eine ansehnliche Lage von Drüsenzellen einschiebt. Aus diesem Grunde sind nach *Graber* die Blinddärme auch

---

[1]) Ich fand in diesem Falle die Versuche von *Plateau* (l. c. p. 70 u. 71) nicht bestätigt.

[2]) *V. Graber*, Zur näheren Kenntniss des Proventriculus und der Appendices ventriculares bei den Grillen und Laubheuschrecken. Sitzungsb. d. Wiener Acad. Bd. LIX. 1869. S. 4 u. 5 sowie Fig. 13.

keine einfachen Aussackungen des Chylusmagens, sondern vielleicht Ausstülpungen der Drüsenschicht desselben.

Ob auch im Darme enzymatische oder nur alkalische Secrete abgesondert werden, lässt sich schwer entscheiden, weil die Wirkung der eiweissverdauenden Blinddarmenzyme erst in diesem Abschnitte ihren Höhepunkt erreicht und die Inhaltmassen somit keinen Anhaltspunkt geben, was von Enzymen zugeführt, resp. an Ort und Stelle selbst gebildet wurde. Auch auf histologische Befunde wird man sich hier wenig verlassen dürfen. Jedenfalls mischen sich im Darme dem Speisebreie keine Enzyme bei, mit denen er nicht schon in hinreichender Menge im Magen imprägnirt wäre.

Was die Natur der die Eiweisssubstanzen peptonisirenden Enzyme in dem Secrete der Leberschläuche anbelangt, so sei auf das bei Astacus Gesagte verwiesen; denn von diesem Abweichendes könnte für Blatta nicht angegeben werden, wenn man darauf keinen Werth legen würde, dass bei der Schabe ein wenig mehr peptisches als tryptisches Enzym sich findet, während bei Astacus vielleicht ein nahezu vollständiges Gleichgewicht zwischen beiden Enzymen besteht. Keinen andern Unterschied kenne ich in der verdauenden Wirkung auf Eiweissstoffe zwischen den beiden Secreten, von welchen das eine (nämlich das bei der Blatta) nach den Angaben früherer Beobachter reines Pepsin und das andere (bei Astacus) Trypsin oder ein diesem ähnliches Enzym enthalten sollte. Auch darin stimmen die Secrete der Leberschläuche beider Articulaten überein, dass sie sehr reich an Diastase sind: denn keineswegs fehlt diese in dem Auszuge und Secrete der Blinddärme von Blatta, wie *Jousset* meinte.

Die poststomachalen, theils stark chitinösen (bei Insecten), theils stark musculösen (Pylorialmägen vieler Vertebraten) und dann bisweilen hornartig bekleideten (Mugilicephalus)

Erweiterungen haben zu vielen Vermuthungen Anlass gegeben, welche alle meiner Ansicht nach wenig befriedigen. Man hat in diesen Gebilden zweckmässige Verschlusseinrichtungen, Kau- und Reibapparate gesehen, aber, wie ich glaube, ohne den Kern der Sache zu finden oder den Werth derselben einigermaassen erschöpfend auszudrücken.

Was die pylorialen Muskelbulben der höhern Thiere mit Ausnahme des Kaumagens der körnerfressenden Vögel, dessen Function unzweifelhaft feststehen dürfte, anbelangt, so muss ich diese Bildungen als ursprünglich zum eigentlichen Darme gehörig auffassen [1]). Sie haben nach Art einer Druckpresse zu wirken; in einzelnen Fällen mögen sie nebenbei auch noch eine andere Function erfüllen. Sie stellen, wenn man so will, eine centrirte Darmmusculatur vor. Wie sich das Herz zu dem übrigen Gefässsystem verhält, so verhalten sich die sogenannten Pylorialmägen zum Darme, und sie müssen als das Hauptpropulsionsorgan für diesen Abschnitt des Digestionstractus gelten. Als solches pressen sie den meist sehr zähen Speisebrei aus dem Magen in das enge Darmlumen hinein. Besonders gilt dieses für den sogenannten Muskelmagen von Mugil, welcher seit *Cuvier* allgemein mit dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel verglichen wird, zwar ohne dass dadurch das Verständniss für jenes Vorkommen erleichtert wäre. Stets fand ich den Verdauungstractus bei Mugil cephalus von Schlammmassen erfüllt, die im Munddarme nicht fester und widerstandsfähiger waren als im Mittel- und Enddarm, also einer weitern Zerkleinerung nicht bedurften. Eine solche wäre, wenn man mehr Gewicht auf den Schutz der Darmmucosa als auf eine erschöpfende Ausgewinnung des Aufgenommenen legen würde,

---

[1]) Nichts würde so schlecht am Platze sein als ein hinter der vorwiegend dem Verdauungsacte dienenden Erweiterung angebrachter Kau- oder Reibapparat, welcher die Nahrungsstoffe der Einwirkung von Enzymen erst zugänglich machen soll.

z. B. bei Sparus bops viel angebrachter gewesen, dessen Darminhalt ich oft mit festen bis zwei Linien langen Fragmenten von Echinodermenstacheln durchspickt fand. Leider bin ich bei der Untersuchung der Munddarmschleimhaut von Mugil in Betreff der secernirten Enzyme zu keinem entscheidenden Resultate gelangt. Sollte sich später ergeben, dass die Zellen der Vorderdarmschleimhaut dieses Fisches Enzyme secerniren, so wäre als Function für den Kaumagen von Mugil wohl eine innige Durcharbeitung des Schlammes mit dem enzymatischen Secrete zur gehörigen Ausgewinnung der in den Contenten sehr vertheilten Nahrung anzunehmen; doch wird die wichtigere Function immer die sein, den zähen Schlamm in den engen Darmcanal hineinzupressen, wozu die geringe Entwicklung der eigentlichen Darmmusculatur nicht auszureichen scheint. Es ist dieses eine Einrichtung, welche im Antrum pyloricum der höheren Vertebraten ihr Analogon findet, und der musculöse Bulbus von Mugil wäre demnach nicht dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel zu analogisiren, sondern dem Pylorialmagen einiger Ardeiden (Ardea, Ciconia) und Crocodile, dessen Function somit ebenfalls klar gestellt sein dürfte.

Kehren wir nach dieser zur Rechtfertigung des Folgenden mir nothwendig erscheinenden Abschweifung zu dem sogenannten Proventriculus der Blatta zurück, so wird sich nichts von dem Gesagten mit seiner Einrichtung genügend in Einklang bringen lassen; denn seitdem feststeht, dass bei Blatta sich das enzymatische Secret in dem Oesophagus (der vergleichenden Anatomen) ansammelt, dass in diesem Raume die Haupteinwirkung der Diastase erfolgt, dass fast aller Zucker hier resorbirt wird, kann ein Zerkleinerungsapparat hinter dieser wohl entwickelten Verdauungsampulle nur von untergeordneter Bedeutung sein. Ebensowenig, wie ich in Abrede stelle, dass in geeigneter Weise zwischen die Falten und Chitinleisten dieses

sogenannten Kaumagens gelangende grössere Speisereste eine Theilung erfahren können, bestreite ich, dass sein intestinaler Wulst einigermaassen ein Regurgitiren des Darminhaltes verhindert; aber seine Hauptfunction wird uns sicherlich erst dann verständlich werden, wenn wir die Einmündungsstelle des Blinddarmsecretes kennen, zu dessen vortheilhafter Vertheilung im Verdauungsrohre diese complicirte Einrichtung nothwendig erscheint.

Meiner Ansicht nach wird der sogenannte Kaumagen dieses und vielleicht aller Orthopteren functionell nur dem Spiralmagen der Cephalopoden und den Darmtaschen der Pulmonaten verglichen werden dürfen.

### 3) Hydrophilus piceus *L.*

Morphologisch als sehr verschieden erscheinende Drüsenapparate bereiten bei den Vertebraten die Verdauungsenzyme. Während eine grosse Anzahl tubulöser Drüschen das Pepsin für die Magenverdauung liefert, bildet eine meist einheitliche grosse Drüsenmasse (das Pankreas) die zur Verdauung im Darme erforderlichen Enzyme.

Selbst die Production eines und desselben Enzyms kann nicht nur bei verschiedenen Vertebraten von verschiedenen Apparaten besorgt werden, sondern es kann auch ein und dasselbe Enzym bei ein und demselben Thiere in verschiedenen Organen entstehen. In der Classe der Fische[1]) kann das Trypsin direct von der Darmmucosa, welche in solchen Fällen gleichsam eine auseinandergelegte Drüse darstellt, secernirt werden; es kann in schwach entwickelten Ausstülpungen der Darmwand (Appendices pyloricae) entstehen und in solchen, welche sich vollkommen zu einheitlichen Drüsen-

---

[1]) *C. Fr. W. Krukenberg*, Versuche zur vergl. Physiol. d. Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. phys. Inst. zu Heidelberg. Bd. I. S. 327 ff.

massen im Laufe der Entwicklung umgeformt haben. Alle diese Möglichkeiten finden sich bei ein und demselben Thiere, bei Scorpæna, verwirklicht.

An jeder beliebigen Stelle des Darmrohres können sich Drüsenschläuche ausbilden; der Grad ihrer Entwicklung wird vorwiegend abhängen von der Natur ihrer Enzyme, der Beschaffenheit der zu verdauenden Nahrung und der Zeit, während welcher das Secret im Darmrohre seine Wirkung entfalten kann. Diese Hauptfactoren vernachlässigend hat man sich gewöhnt, auf Nebensachen den Werth zu legen. Die Länge oder Kürze des Darmkanales hat vorwiegend die vergleichenden Anatomen beschäftigt und zu Annahmen Veranlassung gegeben, welche weder consequent durchführbar noch irgendwie begründet sind. Erst wenn die Natur der secernirten Enzyme genügend bekannt, die Rhythmik der Contractionen der Darmmuskulatur und das qualitative wie quantitative Nahrungsbedürfniss der Thiere ergründet sein werden, ist man befähigt, derartigen morphologischen Befunden von nur untergeordneter physiologischer Bedeutung Rechnung zu tragen.

Bisher trafen wir bei den Wirbellosen nur gesonderte secretorische Bezirke an, welche als compacte Drüsenmassen oder als weniger complicirte Schläuche auftreten. Bei Periplaneta orientalis haben wenige Drüsenkörper des Mitteldarmes eine ausgiebigere Entwicklung erfahren, um an geeigneter Stelle vorzugsweise die Secretion der Verdauungsenzyme zu besorgen. Bei Astacus fluviatilis ist diese Differenzirung noch weiter vorgeschritten und hat bei den Mollusken bereits den bedeutendsten Grad der Entwicklung erlangt. Faltenbildungen vergrössern hier meist die secernirende Oberfläche, eine grosse Zahl und übermässige Längenentfaltung der einzelnen Schläuche entbehrlich machend.

Bei Hydrophilus piceus sowie bei Squilla mantis sind die Verhältnisse wesentlich andere. Die secretorischen Apparate

sind in der Wand des Mitteldarmes zerstreut; in keinem Bezirke haben sich einzelne dieser Drüsen vorwiegend entwickelt.

So liefern bei Hydrophilus flaschenförmige Drüsenkörper, jüngst noch als Peritonealdrüsen aufgefasst, peripherisch von der Muscularis des Mitteldarmes gelegen und diese mit ihrem trichterförmig sich verengenden Ansatzstücke durchbrechend, die Verdauungssecrete. Die Ausführungsgänge derselben treten der Länge und Quere nach winkelig gebogen durch die Darmwand hindurch und an ihrer intestinalen Mündungsstelle ist die chitinöse Intima, welche das Darmepithel bekleidet, unterbrochen. Das Darmepithel hingegen wird ausschliesslich die Resorption zu besorgen haben.

*Plateau* [1]) glaubt bewiesen zu haben, dass von den Zellen des Oesophagus ein diastatisch wirkendes Secret geliefert werde. Seitdem wir wissen, dass das Vorkommen von Secreten in einem Bezirke des Verdauungsrohres bei Evertebraten durchaus keinen Anhaltspunkt für die Kenntniss des Ortes seiner Bildung und Ausscheidung abgibt, kann seine Beweisführung nicht mehr genügen. Doch scheint mir eine Oesophagealsecretion nicht unwahrscheinlich, weil auch hier die chitinöse Intima von den bekannten knochenkörperähnlichen Lumina durchbrochen wird. Ueber den Werth des Secretes und die Natur etwa vorhandener Enzyme jedoch werden erst weitere Untersuchungen Aufschluss geben können.

Das Secret der Mitteldarmdrüsen, welches ich in Uebereinstimmung mit *Plateau* von unzweifelhaft alkalischer Beschaffenheit finde, ist sehr reich an Diastase. Neben tryptischem enthält es ein peptisches Enzym [2]), welches in saurer Lösung gekochtes wie ungekochtes Fibrin verdaut und mit alkalischer Flüssigkeit

---

[1]) *F. Plateau*, l. c. S. 50 ff.

[2]) Der Gehalt der Darmextracte an peptischem Enzym ist sehr unbedeutend und wurde anfangs von mir (l. c. p. 337) ganz übersehen.

längere Zeit bei 38° C. digerirt, zersetzt wird. An tryptischem Enzym ist das Secret viel reicher als an peptischem, welches beim Verdauungsacte dieses Thieres überhaupt nur selten zur Wirkung kommen dürfte. Das peptische Enzym von Hydrophilus piceus scheint mir dasselbe zu sein, welches sich bei Astacus und Blatta findet.

Die gelben *Malpighi*'schen Gefässe sind, wie auch ich mich überzeugte, frei von bei der Verdauung wirksamen Enzymen. Diese Thatsache verbietet zwar sie den Crustaceenlebern und den Orthopterenblinddärmen als ganz analog zu erachten, schliesst jedoch keineswegs die Möglichkeit aus, dass sie eine Function — ich meine die Farbstoffbildung, welche die meisten Evertebratenlebern charakterisirt —, mag diese auch nur eine excretorische Bedeutung haben, mit den im Uebrigen als Leber fungirenden Mitteldarmdrüsen theilt. Der gegen *Leydig* erhobene Einwand, welcher sich auf die Insertion der gelben *Malpighi*'schen Gefässe bezieht, wäre zwar hinfällig geworden, seitdem ich zeigen konnte, dass bei den Wirbellosen Secrete aus hinteren Abschnitten des Verdauungsrohres in mehr oralwärts gelegene befördert werden können.

---

Aus meinen Untersuchungen ergab sich, dass bei den Articulaten in derselben Weise wie bei Cephalopoden und Limaciden das Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält, dass die Bildungsstätte derselben bei Astacus und Blatta eine wesentlich andere ist als z. B. bei Hydrophilus, und dass bei beiden erstgenannten Articulaten ihre Wirkung sich in sehr verschiedenen Abschnitten des Verdauungsrohres äussert.

Ferner liess sich aber als das wichtigste Ergebniss feststellen, dass eines der beiden Enzyme für den Verdauungsact fast vollständig nutzlos ist, und dieser merkwürdige Thatbestand fordert nothwendig zu einer Erklärung auf.

Schon *Plateau* hat die Beweisführung angestrebt, dass die Reaction des Mageninhaltes bei Articulaten in erster Instanz von der aufgenommenen Nahrung abhängt. A priori hat *Plateau's* Annahme viel Bestechendes; sie könnte das Vorkommen der beiden eiweissverdauenden Enzyme nach dem Utilitätsprincip in ungezwungenster Weise dadurch erklären, dass die Säuerung resp. Alkalescenz der Secrete bei den Articulaten nicht in der Art geregelt würde, um der aufgenommenen Nahrung immer eine bestimmte Reaction zu geben. Um sich aber unabhängig von dieser Unvollkommenheit zu stellen und eine Verdauung in allen Fällen zu ermöglichen, werden bei diesen Thieren gleichzeitig ein in saurer und ein in alkalischer wie neutraler Lösung wirkendes Enzym der Speise im Magen beigemischt.

Aber *Plateau's* Versuche sind nicht sehr glücklich gewählt, und ihr Ergebniss wird sicherlich nicht für alle Arten der Articulaten in gleicher Weise gelten können. Es scheint mir z. B. nach meinen und den Erfahrungen anderer Autoren sehr unwahrscheinlich zu sein, dass unter normalen Umständen ein so saures Secret, wie es die Astacus- und Blattalebern liefern, im Magen dieser Thiere durch die aufgenommene Nahrung nicht nur neutralisirt, sondern sogar alkalisch gemacht wird, während ich für Cephalopoden und einige Lamellibranchiaten die Möglichkeit einer Alkalescirung gern zugestehe.

Bei Astacus fluviatilis ist die functionelle Bedeutung des tryptischen Enzymes vollkommen unklar[1]); es wird im Magen,

[1]) In der Classe der Fische, nämlich bei einigen Selachiern, findet ebenfalls die Auffassung einer für den Verdauungsact weniger bedeutungsvollen Trypsinsecretion erhebliche Stützen; denn wie schon *Leydig* (Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen u. Haie. Leipzig 1852. S. 90) wusste, alkalescirt z. B. bei Mustelus vulgaris die Galle erst über Zolleslänge hinter dem Anfangstheile des Spiraldarmes den sauren Speisebrei. Dasselbe wird von dem Pepsin haltenden Saft zu gelten haben, welcher bei Cyprinus tinca sich den alkalischen Darmcontenten beimischt.

dessen Inhalt nur von saurer Beschaffenheit gefunden werden konnte, bereits gänzlich zerstört, und der alkalische Darminhalt, an welchem es seine Wirkung äussern könnte, enthält absolut nichts mehr davon. Bei der Periplaneta orientalis hingegen dürfte dem Pepsin eine untergeordnete Bedeutung zukommen, weil bei ihr die Eiweissverdauung besonders im sogenannten Chylusdarme, also bei neutraler oder alkalischer Reaction ablaufen wird. Ganz bedeutungslos wird das peptische Enzym bei Hydrophilus piceus sein, dessen Mitteldarmdrüsensecret von diesem auch nur geringe Mengen enthält.

Einigermaassen durchsichtig wird durch diese Vergleiche wenigstens die sehr ungleiche Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme bei nahe verwandten Thieren.

## III. Die Verdauungssecrete und deren Bildungsstätte bei Lumbricus terrestris *L.*

Diese Untersuchungen über die Digestionsprocesse bei Lumbricus terrestris wurden besonders durch *E. Claparède's* ausgezeichnete Monographie [1]) veranlasst.

Der Anfangstheil des Verdauungstractus bis zum 10. oder 12. Segmente ist vollkommen frei von Enzymen; auch in dem sogenannten Kaumagen, welchem kaum eine andere Bedeutung als die Fortbewegung der Darmcontenta zukommen dürfte, existirt nichts davon. In den etwa 6 ersten Segmenten findet im Verdauungsrohre eine reichliche Schleimsecretion stat, welche möglicherweise an specifische Drüsen gebunden ist. Die Oesophagealcontenta fand ich bisweilen von deutlich saurer Beschaffenheit [2]),

---

[1]) *Édouard Claparède*, Histologische Untersuchungen über den Regenwurm (Lumbricus terrestris L.). Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XIX) 1869. S. 563.

[2]) Nach *Victor Hensen's* (die Thätigkeit des Regenwurms für die Fruchtbarkeit des Erdbodens; Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 28, 1877, S. 359)

und es wird deshalb eine Function des kalkigen Secretes der glandulae œsophageae *Morren's* darin zu suchen sein, die sauren Speiseballen durch Alkalisirung der tryptischen Darmverdauung zugänglich zu machen.

Der alkalisch reagirende Darminhalt enthält neben Diastase ein kräftig wirkendes peptisches wie tryptisches Enzym, von welchen letzteres allein zur Wirkung kommt.

Bei Lumbricus hat man ebenso wie bei Orthopteren und Coleopteren von Drüsen gesprochen, deren Secret sich in die Leibeshöhle ergiessen soll. Es ist mir zwar keineswegs gelungen über die Function der Chloragogenzellen (im Sinne *Claparède's*) die Gewissheit zu erhalten, welche ich anstrebte. Die Ansicht, welche *Morren* [1]) äusserte, scheint mir nach meinen Untersuchungen die bei Weitem annehmbarste zu sein; denn erstens fand ich die Chloragogenzellen (im Sinne *Morren's*) nach mehrstündlicher Selbstverdauung nicht derart verändert, wie es von Enzymdrüsen zu erwarten gewesen wäre, und zweitens lässt sich durch Extractionsmethoden experimentell beweisen, dass nur der Darm mit seinen Anhängen die Verdauungssäfte liefert. Die Ansicht, nach welcher die mit starker Cuticula versehenen Darmepithelien neben der Resorption die Secretion besorgen, scheint mir nach den bekannten Verhältnissen bei Evertebraten viel gewagter als die Auffassung zu sein, welche von *Morren* vertreten wurde. [2]) Er sieht die Leber (im Sinne *Morren's*) als die eigent-

---

interessanten Untersuchungen scheint es mir wahrscheinlich, dass die saure Beschaffenheit der Nahrung dieses Wurms eher von Humussäuren herrührt, als von der, die äusseren Zellhäute pflanzlicher Wurzelhaare (cf. *C. Sachs*, Handb. d. Experimentalphysiologie, 1865, S. 189) durchtränkenden Kohlensäure. Auch *Hensen* hält die Meinung, dass der Regenwurm Wurzeln abnage, für ganz unbegründet (l. c. S. 361).

[1]) *C. Morren*, descriptio structurae anatomic. et expositio hist. nat. Lumbrici vulgaris sive terrestris. 1826. p. 129.

[2]) Nicht unerwähnt darf die Ansicht *Leydig's* (über Phreoryctes Menke-

lich enzymbildende Drüse an, deren intestinale Ausführungsgänge erst noch zu finden sind. Nach *Claparède* ist der drüsenzellige Belag des Darmes und der Gefässe functionell ein und dasselbe, weil der morphologische Charakter keine Unterschiede erkennen lässt. Dieser Schluss ist meiner Ansicht nach unberechtigt, weil nur experimentell über die Function von Drüsen entschieden werden kann. Bei Cephalopoden finden sich sehr ähnliche Verhältnisse. Das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas gleicht oft so sehr den Venenanhängen, dass selbst *Brandt* (Medic. Zoologie. Bd. II. 1833. Tab. XXXII. Fig. 2, x) dieselben bei Sepia nicht zu unterscheiden vermochte, und auch *Leuckart* bemerkt[1]), dass beide sich ausserordentlich ähnlich sehen. Wir wissen jetzt durch *Kühne*'s Untersuchungen[2]), dass das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas keine Enzymdrüse, sondern nur den Schleimdrüsen am Gallengange der höheren Thiere physiologisch zu vergleichen ist, während die Function der sogenannten Venenanhänge noch einer begründeten Deutung harrt. Als letzteren sehr analoge Bildungen dürften die *Morren*'schen Chloragogenzellen bei Lumbricus gelten, während die Lumbricidenleber nicht dem *Owen-* oder *Hunter-Siebold*'schen Pankreas, sondern den Cephalopodenlebern verglichen werden müsste.

Dass die Typhlosolis, das Intestinum in intestino, wie *Willis* treffend sagte, nur als eine Vergrösserung der resorbirenden Darmoberfläche von Bedeutung und dem Spiralblatte im Selachierdarme vergleichbar ist, wird wohl als festgestellt zu betrachten sein.

Das in alkalischer Lösung wirkende Enzym theilt die Eigen-

---

anus; Archiv f. mikr. Anat., Bd. I, 1865, S. 273) bleiben, nach welcher bei Phreoryctes Menkeanus das mit braunkörniger, an Gallenfarbstoff (?) erinnernde Darmepithel auch die Leberfunction versieht.

[1]) *Leuckart* und *Frey*, Lehrb. d, Anat. d. wirbellosen Thiere. Leipzig 1847, S. 386.

[2]) Unters. a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band I. Heft 4. S. 334.

schaft durch Säuren unter angegebenen Bedingungen zerstört zu werden, mit allen sonst bekannten tryptischen Enzymen. Es verdaut rohes wie gekochtes Fibrin unter Bildung jenes das Gelingen der Bromwasserreaction bedingenden Körpers und von Peptonen. Das peptische, dessen Eigenschaften bei sauren Zusatzflüssigkeiten auf Tafel II verzeichnet sind, zerstört sehr leicht das tryptische Enzym der Lumbricidenlebern; es ist deshalb beim Studium des Letzteren erforderlich, die Selbstverdauungsmethode in 1 %iger thymolisirter Sodalösung vorzunehmen. Oxalsäure inhibirt nach meinen Versuchen die Wirkung des Lumbricuspepsins nicht; in concentrirteren (1—2 %) Lösungen wird die Wirkung, abweichend von Pepsinlösungen κατ' ἐξοχήν, aber sehr verlangsamt, so dass weitere Versuchsreihen über diesen Punct erforderlich sind.

---

## Tabelle II.

Wirkung der eiweissverdauenden Enzyme einiger Wirbelloser bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

| | Neutraler wäs. Auszg. | Salzsäur. v. 0,1—0,2 %. | Sodalösung von 1 %. | Oxalsäure von 0,4 %. | Oxalsäure von 1 %. | Oxalsäure von 2 %. | Weinsäure von 0,4 %. | Weinsäure von 1 %. | Weinsäure von 2 %. | Essigsäure von 0,2 %. | Essigsäure von 0,4 %. | Essigsäure von 1 %. | Essigsäure von 2 %. | Milchsäure von 0,4 %. | Milchsäure von 1 %. | Milchsäure von 2 %. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lumbricus terrestris . | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Squilla mantis . . | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Astacus fluviatilis . | + | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Periplaneta orientalis . | + | + | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Hydrophil. piceus . . | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Mytilus edulis . . . | 0 | + | 0 | + | + | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Arion ater . | + | 0 | + | + | + | 0 | + | + | . | + | 0 | . | . | + | . | . |
| Helix nemoralis . . . | . | + | 0 | + | + | + | + | . | . | . | + | . | . | . | + | . |
| Eledone moschata . | + | + | + | + | + | + | . | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

## IV. Das Vorkommen des diastatischen Enzymes in den Drüsen des Verdauungsapparates einiger einheimischer Süsswasserfische.

Die umfassenden anatomischen Untersuchungen und geistvollen Deductionen von *P. Legouis*[1]) bieten ein sicheres Fundament für die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse bei den Fischen. Nur weil von den physiologischen Experimentatoren der allerjüngsten Zeit diese werthvolle Stütze vernachlässigt wurde, liess sich die falsche frühere Vorstellung von der Leber vieler Fische durch eine andere nicht weniger verkehrte (aber, wie ich hoffe, nur sporadische) ersetzen. Alle physiologischen Versuche haben nur die Richtigkeit des Schlusses von *Legouis* bewiesen: nämlich dass bei einigen Teleostiern die sogenannte Leber die Pankreasfunction einschliesst, keineswegs, dass das, was früher als Leber bezeichnet wurde, ein reines Pankreas ist.[2])

Die Untersuchungen älterer Autoren über das Fischpankreas wären wenig geeignet gewesen, die Resultate zu erklären, welche die Experimente in der neuesten Zeit lieferten; denn zu ihrem Verstehen war die Kenntniss der Dissemination (diffusion franz. Aut.) des Pankreas ein nothwendiges Erforderniss. Zwar muss ich nach meinen Beobachtungen behaupten, dass zur Zeit bei Fischen noch Manches für ein Pankreas ausgegeben wird, was sicherlich mit demselben nichts zu thun hat. Das gilt vorzüglich von den Fischen aus der Familie der Muræniden,

---

[1]) *P. Legouis*, Recherches sur les tubes de *Weber* et sur le pancréas des poissons osseux. Annales des sciences nat. Zoologie. 1873. 5e série. T. XVII et T. XVIII.

[2]) Ein inniges Durchdringen zweier morphologisch und vielleicht auch functionell verschiedener Drüsenkörper berichtete ebenfalls vor Kurzem *J. Bermann* (Ueber tubulöse Drüsen in den Speicheldrüsen. Centralbl. der med. Wiss. 1877. Nr. 50. S. 897) von der Glandula submaxillaris des Menschen und Kaninchens.

bei welchen ich absolut nichts von tryptischen Enzymen nachweisen konnte. Die Ergänzung der morphologischen und physiologischen Daten wird aber, wie man wohl hoffen darf, auch auf diesem Gebiete bald Klarheit schaffen.

Wir sind demnach in der Klasse der Fische mit unseren Untersuchungen weiter gelangt als bei den Articulaten und Mollusken. Bei den Fischen sind wir berechtigt in einem oberflächlich als einheitlich erscheinenden Drüsenorgane zwei Organe zu sehen, ein complicirt zusammengesetztes Secret aus zwei verschiedenen Quellen abzuleiten. Was als Leber bezeichnet wurde, ist Leber und Pankreas zugleich; es ist ein **Hepatopankreas.** Solche Schlüsse waren bei den Evertebraten noch nicht erlaubt; von deren Lebern wissen wir noch nicht, ob wir sie in mehrere Organe auflösen werden, ob ihr Secret aus functionell verschiedenen Zellen stammt!

Meiner früheren Mittheilung über die eiweissverdauenden Enzyme bei Fischen habe ich an dieser Stelle nur wenig Neues hinzuzufügen.

Ich habe Perca fluviatilis genauer untersucht und finde, dass die Appendices pyloricae derselben nur eine Schleimabsonderung besorgen, wie bereits früher von mir vermuthungsweise ausgesprochen wurde. Die sogenannte Leber (Hepatopankreas) enthält reichlich pankreatische Elemente, welche stellenweise auch frei (das Pankreas *Brockmann*'s), von specifischer Lebersubstanz unbedeckt, liegen. Die Magenschleimhaut secernirt reichlich Pepsin. Demnach fügen sich die Verhältnisse bei Perca fluviatilis vollständig dem für Leuciscus melanotus gegebenen Schema (cf. Fig. 8 in meiner früheren Arbeit).

Nach demselben Typus verläuft die Secretbildung bei Cobitis fossilis, während sich Barbus fluviatilis, bei welchem kein Pepsin nachweisbar war, den Cyprinen anreiht. Die Galle von Barbus fluviatilis wirkte bei 40° C. fibrinverdauend,

während mit der Leuciscusgalle bei keiner Temperatur eine Wirkung erzielt werden konnte. Auch die Galle von Cyprinus carpio ist vollkommen frei von tryptischen Enzymen. Die Differenzen, welche in dieser Beziehung die Galle nahe verwandter Fische aufweist, sind nur von morphologischer Bedeutung. Meine Befunde beweisen, dass beim Karpfen sich der pankreatische Saft der Galle erst dann beimischt, wenn diese die Gallenblase verlassen hat, während eine Mischung beider Secrete bei Barbus fluviatilis und vielen anderen Fischen (z. B. Perca fluviatilis, Scorpæna) bereits in der Gallenblase stattfindet oder schon vor dem Eintritte in die Blase stattgefunden hat.

Das diastatische Enzym wurde meiner früheren Mittheilung zu Folge in den Lebern der Elasmobranchier, deren Untersuchung zwar wegen des grossen Fettgehaltes mit fast unüberwindlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, von mir stets vermisst.

Die Leber resp. das Hepatopankreas vieler Fische (besonders der Cypriniden) zeichnet sich, wie *Claude Bernard* fand, durch den grossen Reichthum an Zucker aus. Auch peptonfreie Auszüge lassen sich fast nie erhalten. Aus diesem Grunde ist es nöthig, die Extracte der Dialyse zu unterwerfen, weil ohne diese Vorsichtsmassregel das diastatische Enzym nicht nachweisbar ist. Anfangs wurde diese Versuchsanordnung versäumt und die Zuckerproben direct mit den wässerigen Auszügen angestellt. Diese Versuche erscheinen mir jetzt sehr ungenau, und ich gebe deshalb im Folgenden nur die Resultate, welche mit vollkommen zucker- und peptonfreien Extracten erhalten wurden. Die im Dialysor enthaltene Flüssigkeit wurde in zwei gleiche Portionen getheilt, in der einen das Enzym durch Kochen zerstört und beide mit gleichen Mengen von Stärkekleister versetzt. Nach 2—3-stündlicher Digestion bei 38° C. wurde die Zuckerprobe ausgeführt.

Das diastatische Enzym fehlte vollständig in den Appendices pyloricae von Perca fluviatilis. In der Mundschleimhaut eines jungen Karpfen, von Cobitis fossilis und Perca fluviatilis war es ebenfalls nicht nachweisbar. Nur sehr minimale Mengen fanden sich in dem Hepatopankreas bei Perca; mehr davon enthielten die Auszüge desselben Organes von Leuciscus melanotus, Cobitis fossilis, Cyprinus carpio und Tinca vulgaris. Die Frage, ob das in dem Hepatopankreas gefundene diastatische Enzym dem pankreatischen — oder dem Lebergewebe angehört, liess sich nicht entscheiden; doch wird Ersteres zu vermuthen sein, wenn schon nach *Jousset*'s Angabe[1]) *Claude Bernard* das diastatische Enzym in dem Pankreas (?) verschiedener Fische vermisste.

Meine in beschriebener Weise angestellten Versuche mit der Mundschleimhaut von Cyprinus tinca und Leuciscus melanotus, zu denen eine Stelle in *Treviranus*' Biologie[2]) die Veranlassung gab, lieferten als Resultat, dass sich aus derselben ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym durch Wasser extrahiren lässt. Es steht zu erwarten, dass die Zahl dieser Befunde durch fernere auf eine grössere Menge von Fischen ausgedehnte Versuche sich beträchtlich vermehren lassen wird. Auch sei darauf hingewiesen, dass die in der Gaumenschleimhaut eingebetteten Drüsenzellen, welche bei Cyprinus Carpio, Cobitis, Belone, Gasterosteus etc. schon lange bekannt sind, von *Rathke* als Speicheldrüsen gedeutet wurden. Die Ansicht dieses ausgezeichneten Forschers ist ganz in Vergessenheit gerathen. Man hat mit Vorliebe den Werth des Speichels zu ergründen versucht, indem man an grob anatomische Befunde anknüpfte und allgemein angab, dass Fischen wie Wassersäugethieren die

---

[1]) *Jousset*, l. c., p. 99. Die Originalmittheilung von *Claude Bernard* konnte von mir leider nicht aufgefunden werden.

[2]) *Treviranus*, Biologie 1814, Bd. IV, S. 325.

Speicheldrüsen vollständig fehlen. Aber allen Fischen fehlt wenigstens der Speichel mit seinem typischen Enzyme, wie sich zeigte, nicht, und von den Wassersäugern wird der Beweis für das Fehlen desselben erst noch zu liefern sein.

Ich muss mich dahin aussprechen, dass die Wichtigkeit, der Nutzen des Speichels in den meisten Fällen für uns zur Zeit nicht durchsichtiger ist als das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme.

## Erklärung der Abbildung.

### Tafel I.

Die Leberauszüge von Wirbellosen sind selten einer spectroskopischen Untersuchung unterzogen. Genauere Beschreibungen und Zeichnungen der Spectra fehlen meines Wissens davon ganz. Auf Tafel I habe ich die Spectren von den alkoholischen Auszügen einiger Molluskenlebern zusammengestellt, und ausserdem wurden, um einen Vergleich zu ermöglichen, noch die Spectra, welche ich mit Rindsgalle erhielt, mit in die Tafel aufgenommen.

Fig. 1. Sonnenspectrum.

Fig. 2. Zwei Tage alte Rindsgalle (ziemlich concentrirte Lösung), um die Coïncidenz des Bandes vor D mit der des Spectrums 5 zu zeigen.

Fig. 3. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (sehr verdünnte Lösung). Die drei Bänder im Violett sind, so viel mir bekannt ist, bisher unbeachtet geblieben.

Fig. 4. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (concentrirtere Lösung). Die Streifen vor und hinter D sind bereits von *Heynsius* und *Campbell* (*Pflüger's* Archiv. Jahrg. IV. Tafel VII. Spectrum 10) aufgefunden. Der von diesen Autoren bei C gezeichnete dunkle Streifen konnte von mir nicht erkannt werden.

Fig. 5. Alkoholisches Extract der Leber von Eledone moschata.

Fig. 6. Alkoholisches Extract der Leber von Helix pomatia.

Fig. 7. Alkoholisches Extract der Leber von Limnæus stagnalis.

Fig. 8. Alkoholisches Extract der Leber von Mytilus edulis.

# Beobachtungen über Druckblindheit.

Von **W. Kühne.**

Im 16. Bande von *Pflüger*'s Archiv (S. 409) beschreibt *S. Exner* einen Versuch über das Sehen mit gedrücktem Bulbus, aus welchem er Schlüsse auf chemische Processe und zur Kenntniss der Regeneration in der Netzhaut zieht. Indem man die Grenze einer das ganze Sehfeld einnehmenden schwarz-weissen Fläche fixirt und dabei den Bulbus einem allmählich steigenden Drucke so lange unterwirft, bis nahezu alle Wahrnehmung schwindet, sieht man ein in der schwarzen Hälfte des Grundes angebrachtes, jetzt erst durch Wegziehen eines schwarzen Papiers enthülltes, weisses Object zunächst deutlich auftauchen und nachträglich verschwinden. Die Erscheinung ist ausserordentlich schlagend, und ich bemerke sie auch dann noch, wenn ich das Auge so stark oder so lange drücke, dass es mir vor dem Wegziehen der genannten Bedeckung völlig erblindet und das ganze Sehfeld von einer schwarzvioletten Wolke eingenommen scheint.

Von den Erfahrungen über den Sehpurpur und dessen photochemische Zersetzung ausgehend, sucht *Exner* die Thatsache zu erklären, indem er sagt, die durch Blutverarmung um die Versorgung mit neuem Purpur oder ähnlichen „Sehstoffen" gebrachte Netzhaut bewahre da, wo sie vom Lichte nicht getroffen wird, noch einen Vorrath jenes zum Sehen nöthigen Materials; falle später Licht auf die zuvor verschonten Netzhautstellen, so kämen die Sehstoffe zur Verwendung und Lichtempfindung sei die Folge.

Wiederholungen und Abänderungen des Versuches, die *Exner* in berechtigter Sorge um sein Auge unterliess, führen mich zu einer abweichenden Interpretation.

Ersetzt man die schwarze Bedeckung durch einen Bogen weissen Papiers, den man nur soweit über die schwarze Hälfte des Grundes schiebt, dass ein schwarzer Streif in dem nun überwiegend weissen Sehfelde übrig bleibt, und fixirt man diesen, während das Auge gedrückt wird, so erhält man genau denselben Erfolg, d. h. das kleine weisse Object wird auf dem plötzlich enthüllten schwarzen Grunde von dem scheinbar bereits erblindeten Auge noch in voller Deutlichkeit gesehen, bevor alle Wahrnehmung aufhört. Hier wird die Netzhautstelle, auf die es ankommt, dauernd vom hellsten Lichte getroffen und ihr Vorrath an Sehstoffen nach *Exner*'s Auffassung gerade so erschöpft, wie auf der Hälfte, welche in seinem Versuche nur dem weissen Theile des Sehfeldes entsprach, und doch sieht man das nachträglich vorgeführte Object anscheinend mit derselben Deutlichkeit.

Ich bin der Meinung, dass es sich sowohl bei dem ursprünglichen, wie bei dem modificirten Versuche um eine im entscheidenden Augenblicke erfolgende Art der Erregung handelt, für welche auch das gedrückte und vermeintlich erblindete Auge aus bekannten Gründen noch tauglich ist: während wir von den die Netzhaut gleichmässig und dauernd treffenden Erregungen nichts mehr bemerken, wenn die Erregbarkeit bis zu einem gewissen Grade durch den Druck oder die Blutarmuth gesunken ist, gelangt der Zustand des Organs noch zur Wahrnehmung, wo starke Unterschiede der Erregung entstehen. Es ist derselbe Fall, wie bei Empfindungsunterschieden überhaupt, welche sowohl räumlich, wie zeitlich genommen, das kräftigste Mittel sind, um die centrale Reaction gegen peripherische Reize zu wecken. Das Experiment lässt sich daher auch in der Weise umdrehen, dass man die weisse Hälfte des Sehfeldes mit einem schwarzen Objecte

versieht, dieses weiss bedeckt und hervortreten lässt, wenn das gedrückte Auge nichts mehr sieht: das Object wird dann deutlich auf einem eigenthümlich glänzenden hellen Grunde wahrgenommen.

Es gab ein Mittel, die als ein neues Moment unwillkommenen Empfindungsunterschiede für den gegenwärtigen Zweck unwesentlich werden zu lassen und ein Experiment anzustellen, welches den *Exner*'schen Versuch von allen Einwendungen entlastet. Man klebe 3—4 Ctm. vom Rande einer mattschwarzen Tafel parallel mit jenem und in derselben Entfernung von einander 2 weisse Quadrate von 2—3 Ctm. Seite, lege daneben ein weisses Blatt und bedecke die kleinen Quadrate so mit einem aus weissem und schwarzem Papier zusammengeklebten Bogen, dass dessen Grenze zwischen sie fällt. Das Sehfeld ist jetzt mit Ausnahme eines schwarzen Quadranten weiss. Fixirt man den Mittelpunkt mit dem gedrückten Bulbus, bis man glaubt vollkommen erblindet zu sein, so tauchen die weissen Blättchen bei plötzlichem Wegziehen der schwarz-weissen Bedeckung beide auf, aber das, welches weiss verdeckt war, erscheint grau gegen das andere, das nun in hellstem Weiss unter der schwarzen Decke hervortritt. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Beobachtung nur insofern Neues enthält, als die genannten Helligkeitsunterschiede beim Sehen mit gedrücktem Bulbus unvergleichlich beträchtlicher ausfallen, als wenn man sich des normalen Auges und dessen Ermüdung durch langes Hinstarren bedient.

Bei allen diesen Versuchen ist begreiflicher Weise die Wahl des richtigen Augenblickes, den man durch Uebung findet, zum Aufdecken des Objectes wichtig, denn das zu lange comprimirte Auge sieht überhaupt nichts mehr, auch wenn vor der Probe gar kein Licht hineinfiel. Je heller das Object ist, desto länger hat der Druck zu dauern: man thut daher gut, die Beleuchtung so schwach wie möglich zu nehmen. Um das Bild eines nahe gerückten Argandbrenners zum Schwinden zu bringeu,

bedurfte ich so langer Zeit, dass ich mich zur Wiederholung des Versuches nicht entschliessen mochte. Ich hatte dabei den Eindruck, als ob das Bild nach dem ersten Verlöschen in einem gewissen Rhythmus wieder auftauchte, aber ich vermag nicht zu sagen, wie weit es gelungen war, den Druck constant oder hinreichend zu erhalten. Unter schwacher Beleuchtung halte ich die Beobachtungen dagegen für kaum gefährlich, denn ich bringe es im gänzlich verfinsterten Raume nach sehr kurzer Zeit dahin, absolut nichts mehr zu sehen, wenn Jemand die Thür hinter mir soweit öffnet, dass er alle um mich befindlichen Gegenstände oder ein weisses Blatt, das vor mir liegt, gerade scharf erkennt.

Das Unternehmen *Exner*'s, durch subjective am Menschen angestellte Beobachtungen die photochemische Hypothese des Sehens zu stützen, ist gewiss nur freudig zu begrüssen und ich würde um so weniger Veranlassung finden, der Auffassung seines Versuches fern zu bleiben, als ich denselben so umzugestalten vermochte, dass er den dagegen zu erhebenden Bedenken nicht mehr unterliegt. Die Thatsache aber, dass Steigerung des intraoculären Druckes in ganz kurzer Zeit auch ohne Mitwirkung von Licht Blindheit erzeugt, spricht gegen die **ausschliessliche** Erklärung der Erscheinungen durch Vorräthe von Sehstoffen, oder deren Verzehrung mittelst des Lichtes, und es scheinen mir die Deductionen *Exner*'s darum nur insofern und im Allgemeinen das Richtige zu treffen, als sie überhaupt an chemische Vorgänge in der Nervensubstanz anknüpfen. Wir können uns in der That nur so Vorstellungen über Störungen, welche Aenderungen der Blutcirculation und der Ernährung an den nervösen Apparaten erzeugen, verschaffen, dass wir daran eine chemische Veränderlichkeit voraussetzen, welche zugleich die der Erregbarkeit und des Leitungsvermögens bedingt.

Das Erblinden der Netzhaut nach Einschränkung oder Unterbrechung der Circulation im Auge ist zunächst nicht über-

raschender, als Ohnmacht und Bewusstlosigkeit bei Hirnanaemie es sind, und da die Retina ein Theil des Hirns ist, wie dieses gewebt aus Nervenzellen und -Fasern, so bedarf es besonderer Gründe, um ihr noch in anderem Sinne, als es für die genannten Elemente angenommen wird, Abhängigkeit von der Ernährung zuzuschreiben. Solche Gründe finden sich in der anatomischen Einrichtung ihres Sinnesepithels, der Stäbchen- und Pigmentschicht, und in der bei Warmblütern erwiesenen physiologischen Beziehung der Regeneration des Sehpurpurs zur Blutcirculation, aber welche Gründe gibt es, anzunehmen, dass ausschliesslich der Vorrath lichtempfindlicher Stoffe oder der photochemisch wirksame Theil und nicht zugleich der leitende des ganzen Apparates unter der Combination von Licht und Druck auf das Auge leiden? *Exner* meint, und ich könnte mich von neuen Grundlagen aus ihm bis soweit anschliessen, weil die Lichtwirkung das Erblinden des gedrückten Auges befördert oder beschleunigt, müsse man den Lichtempfänger allein für afficirt halten. Man darf darauf wohl antworten, weshalb denn wenige Secunden später ohne alles Licht die gleiche Störung auftritt und weshalb ein blutarmes Auge mit dem vermeintlich ungelähmten Leitapparate nichts mehr sieht, obwohl ihm der einzige bekannte Stoff, auf welchen hin von hypothetischen Sehstoffen die Rede ist, d. h. der Sehpurpur nachweislich in grosser Menge erhalten blieb.

Ich bin zwar auch der Ansicht, dass die Nervenfaser sogar bei Warmblütern in hohem Grade unabhängig von der Ernährung durch Blut und Lymphe fungirt, aber ich möchte das Gleiche von den übrigen der Retina, ausser dem Sinnesepithel, zukommenden Bestandtheilen, den Körnern und Ganglien nicht annehmen, trotz der Weitmaschigkeit ihres Gefässnetzes und der Erfahrung, dass es Netzhäute von Säugern (Pferd, Kaninchen) gibt, welche zum stark überwiegenden Theile gefässlos sind. Wie die Ernährung der vorderen Schichten in den letzteren Ausnahmsfällen

geschieht, wissen wir nicht, aber am Menschen ist durch ärztliche Erfahrungen sichergestellt, dass Störungen des retinalen Kreislaufes schnell Erblindung bewirken, unter Umständen also, wo das Sinnesepithel, welches vermuthlich ganz auf den Chorioïdalstrom angewiesen ist, wohl noch intact und nur der gangliöse Leitapparat beeinträchtigt ist. Bei Druck auf den Bulbus wird freilich auch die Chorioïdea an Blut verarmen und in dem Sinnesepithel der Antheil zu leiden beginnen, den ich als den Empfänger des chemischen Reizes im Gegensatze zu den Lichtempfängern oder den photochemisch zersetzlichen Stoffen (Sehstoffen, Sehregern) bezeichnen möchte.

Seit dem Nachweise photochemischer Processe in der Retina sind in diesem Organe offenbar mindestens 2 etwa in der Weise verschiedene Arten chemischer Vorgänge anzunehmen, wie die, welche wir z. B. am Geschmacksorgane unbedenklich unterscheiden, indem wir eine oberflächliche Aetzung des Sinnesepithels nicht mit der ganzen darauf folgenden Kette chemischer Processe, welche für die Leitung im nervösen Geschmacksapparate in Betracht kommen, zusammenwerfen, und solches Unterscheiden wird nicht nur gefordert, weil das Sinnesorgan aus verschiedenen Geweben besteht, sondern ist auch im einzelnen anatomischen Elemente, hier in der Epithelzelle, berechtigt und nothwendig. Will man nun heute entscheiden, welche der beiden Arten chemischer Vorgänge am meisten auf den Ernährungsstrom angewiesen zuerst im gedrückten Bulbus unmöglich wird, und Wahrscheinlichkeiten gelten lassen, wie *Exner* es thut, so kann nur an Bekanntes angeknüpft und angenommen werden, dass nicht die erste, sondern die zweite Art mit der Circulation geändert wird, denn vom Sehpurpur ist die vollkommene Unabhängigkeit sowohl des Bestandes, wie der Zersetzung durch Licht, von allen sogenannten Lebensbedingungen, ja in gewissem Grade und innerhalb der hier in Betracht kommenden kurzen Zeit sogar die Regeneration ohne

Blutzufuhr zum Retinaepithel beim Säuger nachgewiesen. Ich habe mich auch zum Ueberflusse überzeugt, dass der Sehpurpur im Auge lebender Kaninchen durch Druck ohne Licht[1]) in längerer Zeit nicht schwindet, und selbst bei Beleuchtungen von der Intensität und Dauer, wie ich sie zu den Druckversuchen an meinem Auge benutzte, keine Veränderung erkennen lässt. Es heisst also den „Sehstoffen" ein wesentlich anderes Verhalten, als ihrem Modelle, zuschreiben, wenn man die Druckblindheit nicht auf Störungen des Leitapparates zurückführt.

Darin, dass *Exner* die letztere Annahme ganz verwirft, liegt die Verschiedenheit seiner Auffassung von der meinigen, während er bezüglich des von der Ernährung unabhängigen Vorrathes an Sehstoffen scheinbar auf dem soeben erörterten Standpunkte steht. Es lag mir aber daran zu zeigen, dass die Uebereinstimmung nur scheinbar und den Thatsachen gegenüber gar nicht vorhanden ist; nimmt man keine sich allmählich entwickelnde Lähmung des Leitapparates an, so bleibt das Erblinden ohne vorgängigen Lichtreiz entweder ganz unerklärt, oder man muss den höchsten Grad der Abhängigkeit des Vorrathes der Sehstoffe von der Ernährung annehmen, also das Gegentheil von Dem, was wahrscheinlich gemacht werden sollte.

So viel ich sehe, liegt in den Thatsachen nichts, was meiner Annahme widerspräche, da Alles, was beobachtet wird, gerade so verlaufen muss, wenn die im weitesten Sinne als Leitapparate aufzufassenden Theile der Netzhaut an Erregbarkeit einbüssen oder, anders ausgedrückt, in ihrer chemischen Integrität aus Mangel an Ersatz gestört werden. Diese Stücke des ganzen nervösen Sehapparates sind es eben, die analog allen Erfahrungen an der grauen Substanz anderer Orte nach Aufhebung des Er-

---

[1]) Starker Druck erzeugt am Kaninchenauge colossale Pupillenverengung; beim Menschen sah ich öfter im Augenblicke des Erblindens schwache Erweiterung eintreten.

nährungsstromes schnell den Dienst versagen und deren Paralyse ohne Frage beschleunigt wird, wenn in die kurze Frist, bis zu dem, an sich erfolgenden vollständigen Verluste der Erregbarkeit, noch Reize fallen. Man wird vergeblich nach einer das Sehen in unserem Falle betreffenden Erscheinung suchen, welche nicht mit Umgehung der intraocularen Drucksteigerung durch anderweitige Einflüsse auf den nervösen Apparat auch erzielt werden könnte. Wir erreichen dasselbe bei Ermüdung durch übertriebene Intensität oder zu lange Wirkung des Lichtes, dasselbe durch ausserordentlich schwache Belichtung; im ersten Falle wirkt die maximale Intensität, weil sie die Erregbarkeit stark herabsetzt, alsbald wie minimale, im letzteren ist der Effect demjenigen gleich, welchen mittlere Intensitäten am nahezu gelähmten Organe erzeugen. Starre ich im fast verfinsterten Zimmer auf einen schwarz-weissen Bogen, bis die Grenze verschwimmt, was sehr schnell geschieht, so brauche ich nur ein weisses Object auf der schwarzen Hälfte plötzlich aufzudecken, um durch den sehr deutlichen Anblick an die Macht der Empfindungsunterschiede gemahnt zu werden, wie in dem *Exner*'schen Versuche, und wenn ich eine in schwarze und weisse Sectoren getheilte, rotirende Scheibe aus dem Hellen, wo sie stark flimmert, in die Dämmerung versetze, sehe ich sie so homogen grau, wie *Exner* es sehr richtig (l. c.) für die Betrachtung mit gedrücktem Bulbus auch beschreibt. So kommt man also auf die verschiedenste Weise zu denselben Wahrnehmungen und muss sich fragen, welche es noch für den gedrückten Bulbus gebe, die den Leitapparat seiner Netzhaut intakt erscheinen lasse.

Seit *Donders*' erster Beobachtung über künstliche Druckblindheit sind von *M. Reich* Versuche über dabei auftretende Aenderungen des Farbensehens angestellt (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XII, S. 238). Da ich die Arbeit von *Reich* erst nachträglich kennen lernte, war ich in der Lage deren Angaben sehr unbefangen zu

bestätigen. Auch mir vergiengen alle Farben nach vorherigem Uebergange in Weiss oder Grau und indem das Grün vor dem Roth weiss wurde. Es ist aus *Reich*'s Bemerkung (S. 250 l. c.) nicht klar zu entnehmen, ob er sich überall auch auf Spectralfarben bezieht, und darum vielleicht die Mittheilung willkommen, die ich hinzufügen kann, dass der Versuch mit dem Spectrum vorzüglich gelingt. Man braucht nur eine Farbe desselben gesondert durch ein Diaphragma auf ein Stückchen weissen Papiers von entsprechender Grösse, das auf eine schwarze Tafel geklebt ist, fallen zu lassen, um sie im Dunkelraum mit gedrücktem Bulbus bei Grün und Roth durch Gelb schlagend, beim Blau anscheinend direkt in lichtschwaches Weiss übergehen zu sehen. Bekanntlich ist es nicht anders bei starker Dämpfung des Lichtes, wenn man z. B. mit trübem Tageslichte und sehr engem Spalte arbeitet, wo man zuletzt wohl noch etwas wahrnimmt, aber jede Farbenempfindung aufhört, also Weiss gesehen wird. Vom ganzen Spectrum wird so schliesslich nur noch Gelbgrün als ein falber Streif ohne farbigen Charakter gesehen. Es ist unnöthig daran zu erinnern, dass Gemälde in tiefer Dämmerung farblos erscheinen, Aquarelle namentlich wie Lithographieen, bunte Teppiche wie Trauerstoffe, man kann aber dieselbe Veränderung im besten Lichte sehen, wenn man mit gepresstem Auge darauf blickt.

Das von *Reich* zuerst bemerkte Auftreten eines dunklen Schattens im lichten Sehfelde am Fixirpunkt, womit die Druckerscheinungen beginnen, schien darauf zu deuten, dass in der Retina zuerst die Zapfen der Fovea, dann vielleicht die Zapfen überhaupt vor den Stäbchen unter der Blutverarmung leiden und dass es ein Stadium geben werde, wo wir noch mit den bezüglich der Ernährung vielleicht selbständigeren Stäbchen sehen, also nach der *M. Schultze*'schen Hypothese wohl noch Licht, aber keine Farben mehr wahrzunehmen vermögen. Man kommt jedoch von dieser Auffassung zurück, wenn man beachtet, dass

der erwähnte Schatten nicht genau am Fixirpunkte, sondern etwas nach aussen davon im Sehfelde liegt, und dass es nicht die centralen zapfenreichen, sondern die peripheren, überwiegend Stäbchen führenden Netzhautstellen sind, wo die Farben nicht nur zuerst in Weiss übergehen, sondern, was wichtiger ist, überhaupt am schnellsten gänzlich verschwinden. Indess bleibt die Frage noch der Erledigung durch weitere Untersuchungen opferwilliger Augenbesitzer vorbehalten.

Wie man sieht, führt auch die Ausdehnung der Druckversuche auf die Farbenwahrnehmung zu keinen andern Resultaten, als zu den bereits von andern Forschern (*Aubert*, *Hering*, *Landolt* u. A.) mittelst Herabsetzung der objectiven Intensität, Verkleinerung der Bilder oder Verlegung derselben auf die Peripherie der Netzhaut erhaltenen.

Stellt man den Eingangs erwähnten modificirten *Exner*'schen Versuch statt mit 2 weissen, mit 2 farbigen Objecten an, so fällt ein anscheinend höchst paradoxes Phänomen auf. Was ich darüber zu sagen habe, bezieht sich vorwiegend auf Objecte von rothem, wenig zum Purpur neigenden, nicht glänzenden Papier sehr gesättigter Färbung, aber ich zweifle kaum, dass es auch für andere Farben, mit welchen ich nur wenige Beobachtungen anstellte, gültig, obschon vielleicht minder schlagend befunden werde. Ich musste wegen der Warnungen, welche alle mit dem Gegenstande Vertrauten gegen Druckversuche erheben, von weiterer Verfolgung der Sache abstehen.

Das Phänomen ist dieses: im Augenblicke des Aufdeckens, das wie immer erst geschieht, wenn kein Licht mehr wahrgenommen wird, erscheint das schwarz bedeckt gewesene, rothe Quadrat weiss, das weiss verhüllte und gleichzeitig aufgedeckte intensiv roth: eine Stelle der erblindenden Retina also, die kein Licht empfing, erweist sich schlechter farbenempfindlich, als eine zuvor intensiv belichtete.

Dieser Unterschied fällt begreiflich weg, wenn die Bedeckung dasselbe Licht aussendet, wie das unterliegende Object; zieht man also im geeigneten Augenblicke ein roth-schwarzes Papier fort, so scheinen die beiden kleinen rothen Quadrate gleich, gelblich oder weiss. Anders ist es, wenn neben dem Schwarz Blau oder Grün benutzt werden, denn hier taucht die rothe Farbe des Objectes wieder zu der Zeit auf, wo das nebenstehende, schwarz verhüllt gewesene schon weiss aussieht.

Lässt man in der Decke die Farben mit Weiss concurriren und wählt zunächst Roth, so wird nur das von dem letzteren befreite Object weiss, das andere richtig gesehen, während nach der Vorbereitung mit Weiss und Blau das von der farbigen Ueberlage befreite gelblich neben dem anderen normal roth gebliebenen gefunden wird. Gleichheit ist endlich wieder vorhanden nach dem Zu- und Aufdecken mit Weiss und der Complementärfarbe des Objects, also mit Grün.

Hiernach sind Belichtungen der Netzhaut im gepressten Auge für die normale Reaction auf eine nachträglich gezeigte Farbe unter keinen Umständen nachtheilig, indifferent wie der Mangel des Lichtes selbst, wenn sie gleichfarbig sind; am förderlichsten, wie das weisse Licht, die complementären; etwas weniger zweckmässig und bemerkbare Zumischung ihrer Complementärfarbe hinterlassend, solche der übrigen Farben.

Dies Alles scheint paradox, weil man nach dem modificirten *Exner*'schen Versuche hätte erwarten können, dass die für das erblindende Auge charakteristischen Wahrnehmungen (hier das Abblassen der Farben) um so deutlicher und früher erfolgen müssten, je mehr dasselbe während der Nachtheile, denen es während der Compression ausgesetzt ist, noch vom Lichte angestrengt wird. Aber es handelt sich auch in diesem Falle wieder um Wahrnehmung von Empfindungsunterschieden, und die Entscheidung, ob man etwas Anderes als blos Licht oder Weiss sieht gelingt

uns am besten, wenn wir eine weniger zweifelhafte Empfindung daneben haben oder am nämlichen Orte unmittelbar vorher hatten. Ob Licht im Allgemeinen empfunden werde oder nicht, wird am leichtesten entschieden, wenn nach oder neben einander nicht (schwarz) empfindende Stellen mit den schwach belichteten verglichen werden, ob Farbe oder farbloser Lichtschimmer, wenn in derselben Weise farblose oder andersfarbige Wahrnehmungen zum Vergleiche da sind, jedenfalls besser, als wenn der Gegensatz mit Nicht-Licht vorwiegend zur Entscheidung über die Lichtempfindung an sich drängt und von deren weiterer Qualität absehen lässt. Zum Gegensatze für eine Farbe eignen sich, wie der Versuch lehrt, in bemerkenswerther Weise gleich gut Weiss und die complementäre, welche hier wieder recht als „Gegenfarbe“ (*Hering*) auftritt, insofern der ihrer Wirkung nachfolgende Process schon zur Empfindung der Farbe führt, die erkannt werden soll. Die immerhin noch günstige Wirkung anderer Farben dürfte darauf beruhen, dass sie bis zu einem gewissen, obschon geringeren Grade auch noch die erforderlichen Gegensätze darstellen und dass ihre Nachbilder, die später zu erkennende Farbe freilich modificirend, zur farbigen Wahrnehmung beitragen.

---

# Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden.

*Briefliche Mittheilung an den Herausgeber*

von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

Triest, den 10. April 1878.
K. k. Zoologische Station.

Ihrem Wunsche entsprechend habe ich durch einige Versuche an lebenden Thieren und durch Behandlung der isolirten Retina mit verschiedenen Reagentien festzustellen versucht, ob die Cephalopoden Sehpurpur besitzen oder nicht.

Mir standen hier als Versuchsthiere: Loligo vulgaris, Sepia officinalis, Eledone moschata und Sepiola Rondeletii zur Verfügung, von denen nicht nur wegen der Grösse der Augen und der geringen Wölbung des Augenhintergrundes, sondern vielmehr noch wegen der annähernd cubischen Form des Kopfes und der lateralen Stellung der Augen Loligo das bei Weitem beste Object zu derartigen Untersuchungen bildet. Daran habe ich auch die Untersuchungen anstellen können, zu deren Ausführung es des lebenden Thieres bedurfte.

Um den Einfluss des Lichtes auf den Stäbchenpurpur zu prüfen, verfuhr ich folgendermassen: Von zwei lebenden grossen Loligo wurde jeder derart auf einer dunkeln Unterlage befestigt, dass das eine nach unten gerichtete Auge dunkel gehalten wurde, das andere den Strahlen der sehr wirksamen Mittagssonne 1—2 Stunden exponirt blieb. Das belichtete Auge wurde sodann an

Ort und Stelle exstirpirt, geöffnet und in eine 10%ige Kochsalzlösung gelegt. In dieser blieb es die 5 Minuten liegen, welche die Exstirpation und Präparation des dunkel gehaltenen Auges in Anspruch nahm. Diese wurde in einem verdunkelten Zimmer bei Natronlicht ausgeführt, das Auge ebenfalls in eine 10%ige Kochsalzlösung gebracht und mit dem wenige Schritte entfernten und dauernd stark belichteten andern Auge des Thieres verglichen. Die Farbe der Stäbchen beider Augen liess in den angestellten Versuchsreihen absolut keinen Unterschied erkennen, und es darf somit behauptet werden, dass der Stäbchenpurpur der Cephalopoden ebenso wenig lichtempfindlich ist, wie nach Ihren Untersuchungen derjenige von Astacus. Auch an Sepia wurde dieser Versuch ausgeführt und zwar mit dem nämlichen Erfolge. Eledone eignet sich schlecht zu den Belichtungsversuchen, weil die Pupille eng und die Augen nicht so frei an der Oberfläche liegen, wie bei den übrigen Cephalopoden. Eine andere Versuchsanordnung wird sich nicht leicht zur Entscheidung der Frage nach der Lichtempfindlichkeit des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden am lebenden Thiere treffen lassen; denn wie ich mich an einer grossen Anzahl von Thieren hinreichend überzeugen konnte, ist die Farbe nicht bei allen gleich intensiv, sondern unterliegt grossen individuellen Schwankungen. Bei einem wenige Stunden vorher im Aquarium abgestorbenen Exemplare von Sepiola war von der Stäbchenfarbe überhaupt nichts bemerkbar. Dass diese Differenzen sich nicht auf Veränderungen post mortem zurückführen lassen, wird damit verbürgt, dass auch bei sofort geöffneten Augen die Intensität des Stäbchenpurpurs zuweilen beträchtlich verschieden war, und dass andererseits seit mehreren Tagen abgestorbene Exemplare denselben in ausgezeichneter Weise erkennen liessen. Auch gelang es mir, in schwacher Kochsalzlösung (von etwa 2%) den Stäbchenpurpur längere Zeit zu conserviren.

Durch die Güte des Herrn Dr. *Gräffe* in den Besitz einer grossen Menge von Sepiola gelangt, habe ich meine Versuche über die Einwirkung von Reagentien auf den Stäbchenpurpur der Cephalopoden vorzugsweise an dieser Art ausgeführt. Ich habe gefunden, dass der Stäbchenpurpur durch 2 pr. m. HCl, 5%ige Essigsäure, 4%ige Oxalsäure, durch Lösungen von Kupfervitriol und Bleiacetat, sowie durch Alkohol zerstört wird, während er sich in Kochsalzlösungen sehr verschiedener Concentration (2—30%), in Lösungen von schwefelsaurem und phosphorsaurem Natrium, sowie in Benzol als haltbar erweist. Durch Einlegen in Chlorbariumlösung und Glycerin wird die Cephalopoden-Retina blass. Im Aetzammoniak wurde ein Lösungsmittel für den Purpur der Cephalopoden gefunden, mittelst dessen sich, wie ich hoffe, bald weitere Resultate gewinnen lassen.

Diese Einwirkungen der Reagentien nahm ich, wie gesagt, an der herausgenommenen Retina vor; doch sei bemerkt, dass die Präparation derselben an frischen Augen nicht gut gelingt; es bedarf dazu einer vorhergegangenen 1- bis 2tägigen Maceration in Kochsalzlösung. Diese (ohne sichtlichen Einfluss der Concentration) eignet sich sehr gut zu diesem Zwecke, während ich Alaunlösungen, welche den Stäbchenpurpur zwar auch unverändert lassen, hierzu ungeeignet fand.

Beim Eintrocknen der Retina auf einem Uhrglase oder auf einem Porzellanschälchen nimmt die Farbe der Stäbchen bemerklich ab, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Benetzen mit Kochsalzlösung stellt die ursprüngliche Intensität nicht wieder her.

Der Stäbchenpurpur ist nicht nur sehr resistent dem Lichte gegenüber — wovon ich mich ausser am lebenden Thiere noch an der herausgenommenen Retina, welche mehrere Stunden in einer Kochsalzlösung dem Sonnenlichte exponirt, und durch dasselbe nicht bemerkbar verändert wurde, überzeugen konnte —, sondern er erträgt auch eine ziemlich hohe Temperatur. Beim

Erwärmen der Retina in einer 30 %igen Kochsalzlösung auf 70° C. büsst der Purpur kaum etwas von seiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina allmählich, aber vollständig.

Zur Extraction des Stäbchenpurpurs ist es erforderlich die Retina zu isoliren, und diese dann mit Ammoniak zu behandeln, weil im Cephalopodenauge noch andere, ausserhalb der Retina gelegene, in Ammoniak mit rothgelber Farbe sich lösende Pigmente vorkommen, welche aber weder auf Zusatz von concentrirter Salzsäure und starker Natronlauge noch durch Alkohol wesentlich verändert werden. Auch mittelst Kochsalzlösung lässt sich aus den Cephalopodenaugen ein stark gelbgefärbtes Pigment extrahiren, welches ebenso wenig licht- und wärmeempfindlich ist, wie der Stäbchenpurpur. Ich habe diesen gelben Farbstoff spectroskopisch untersucht. Im Spectrum tritt mit zunehmender Concentration der Lösung eine im violetten Ende rasch bis b fortschreitende Verdunkelung auf, während die Verdunkelung im rothen Ende nicht über B hinausgeht. Absorptionsbänder fehlen vollständig. Nur dieses Pigment lässt sich, wie es scheint, durch Galle aus den Cephalopodenaugen gewinnen, während der Stäbchenpurpur in den mit Kochsalzlösung behandelten Augen von derselben nicht gelöst wird.

# Erwiderung
# auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler.

Von **W. Kühne.**

---

In seinem neuesten Artikel „über Gährungsprocesse (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. II. Hft. 1)" sagt *Hoppe-Seyler* (S. 3 u. 4): „Neuerdings hat *Kühne* die Aufforderung ergehen lassen, gegen meine Unterscheidung aufzutreten, da er jedoch keinen irgend beachtenswerthen Grund hierzu anführt, halte ich es nicht für nöthig, etwas zu erwidern". Das Wort „Unterscheidung" bezieht sich hier auf die Annahme von Enzymen (löslichen Fermenten) in Gährungsorganismen und auf die Herleitung der Gährungsprocesse von diesen.

Darauf zur Antwort: Ich habe niemals *H.-S.'s* Unterscheidung zu begegnen aufgefordert, sondern seiner **Vermengung** ganzer Reihen verwickelter Lebensprocesse mit einzelnen wohl bekannten Enzymwirkungen, indem ich zeigte, dass Trypsinwirkung und Bacterienfäulniss, die *H.-S.* zusammengeworfen, zwei grundverschiedene Dinge sind. Wenn *H.-S.* heute beginnt, solche Unterscheidungen zu machen, wo er es bisher nicht gethan, so ist dies z. Th. ein Erfolg der Lectüre meiner „Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente" (Bd. II. dies. Unt. S. 291), von welchem man nur ebenso befriedigt sein kann, wie von *H.-S.'s* jetzigem Zugeständniss, dass er Ferment in der Hefe „nur den gänzlich unbekannten, durchaus hypothetischen Körper in der Hefe" (l. c. S. 2) nenne, der aus Zucker

Alkohol und Kohlensäure bildet. Man wird sich erinnern, dass ich es war, der ihm dies vorhielt und der Forschung die Freiheit zu wahren suchte, einen solchen Körper anzunehmen oder nicht, indem ich es für unrecht erklärte, davon, wie von einer des Beweises nicht bedürfenden Sache zu reden, was *H.-S.* gethan hatte.

*H.-S.* sagt weiter: „ich halte die Hypothese, (solche Stoffe aufzustellen, *W. K.*) für nothwendig, weil die Gährungen chemische Processe sind, die auch chemische Ursachen haben müssen, wenn physikalische Einflüsse zu ihrem Zustandekommen, wie in diesen Fällen, nicht genügen". Ob das Letztere erwiesen oder z. Zt. überhaupt erweisbar sei, mag unberührt bleiben, jedenfalls ist *H.-S.*'s jetzige Motivirung der Annahme ein Fortschritt, wiederum durch meine Ausführungen veranlasst, da er früher statt seines heutigen Grundes die angebliche Thatsache geltend gemacht hatte, dass Bacterien nicht nur im Allgemeinen ein Ferment (Enzym) enthielten, sondern Pankreatin (Trypsin), also einen durchaus nicht gänzlich unbekannten und keineswegs rein hypothetischen Körper. Denselben in den Bacterien aufzugeben, zwingen ihn meine Versuche.

Da der Erfolg meiner Darlegungen ein so vollkommener gewesen ist und noch erfreulicher sein wird, wenn *H.-S.* oder Andere ihre Bemühungen nicht vergeblich fortsetzen, aus den hypothetischen Körpern thatsächliche zu machen, so bleibt es sachlich völlig gleichgültig, ob *H.-S.*, der meine Gründe so sehr beachtete, dieselben „beachtenswerth" nennt oder nicht, und selbstverständlich, dass er nichts Sachliches erwidert. Wenn ich aber trotz der mir so günstigen Situation Herrn *H.-S.* erwidere, so wird der Leser dies sicher gerechtfertigt finden durch die an die schlimmsten Zeiten wissenschaftlicher Polemik erinnernden Aeusserungen, deren sich *H.-S.* in einer Anmerkung (l. c. S. 3) gegen mich schuldig macht. Im Texte sagt er ausserdem: „die

Behauptung von *Kühne*, dass Bacterien in mit Aether gesättigten wässrigen Flüssigkeiten leben könnten, ist ernster Beachtung nicht werth". Der nächste Tag wird ihn belehren, welche colossale Bacterienzucht man erhält, wenn man ein mässig inficirtes Pankreas in mit Aether gesättigtem Wasser unter beliebigem Aetherüberschuss hinstellt. Ich würde den Schaden, den *H.-S.* ohne baldige und „ernste" Beachtung dieser Thatsache nehmen kann, bedauern, wenn wir nicht bereits wüssten, dass er Das nicht beachtenswerth nennt, was er soeben beachtet hat.

In der genannten Anmerkung hält *H.-S.* meiner Aeusserung: „seit die Zersetzung der Albumine durch den Pankreassaft von mir erkannt worden" u. s. w., die verdächtigende Bemerkung entgegen: „bekanntlich hat *Corvisart* die Pankreasverdauung zuerst bestimmt aufgestellt". Bekanntlich ist aber Niemand mehr und stets ausdrücklich bestätigend für *Corvisart*'s Lehre eingetreten, als ich, zu einer Zeit, wo dieselbe gänzlich übergangen, oder nur von sehr Wenigen mit starken Einschränkungen zugegeben wurde, und habe ich noch gegen *Hüfner* hervorheben müssen, dass *Corvisart* auch längst die Wirksamkeit der Alkoholfällung des Pankreasinfuses erwiesen. Aber Herrn *H.-S.* gefällt es, keinen Unterschied zwischen dem von mir mit Recht und Absicht gewählten Worte Zersetzung und dem von ihm eingeschobenen „Verdauung" zu machen und nicht nur heute, sondern seit Jahren möglichst davon absehen zu wollen, dass ich eben zuerst den Beweis geliefert habe für die Albuminzersetzung oder — Spaltung bei dieser Verdauung. Er sagt (l. c.), viel Leucin und Tyrosin mit Pankreas aus Eiweiss erhalten zu haben, sei das Einzige, was ich mit Recht für mich in Anspruch nehmen könne, aber er hätte hinzufügen können, dass dies lange Zeit überhaupt das Einzige war, was jene Zersetzung bewies. Dass *Hüfner* die Unterscheidung von Pankreaswirkung und Fäulniss durchgeführt habe, was *H.-S.* gleich darauf, wie es scheint, auch

gegen mich geltend machen will, ändert daran nichts, denn ich hatte vor *Hüfner* die Zersetzung bei 4stündiger Digestion in saurer Lösung erhalten (Virchow's Arch. Bd. 39. S. 163), wo keine Spur von Fäulniss stattfand, und sehr bestimmt nicht Bacterien, sondern der Substanz des Pankreas die Wirkung zuschreiben können. Unter solchen Umständen und indem er mir das Wort (Zersetzung) mit berechneter Absicht verdreht, (in Verdauung), erlaubt sich *H.-S.* meinem Satze die Bemerkung anzufügen: „Alles ist unwahr", vielleicht in der Meinung, mit einer rohen Wendung eine andere Angelegenheit, die von mir berührt worden, rasch abthun zu können. Ich habe gesagt, die Herren *Lubavin* und *Möhlenfeld* hätten *H.-S.*'s Meinung, dass jede Verdauung die von mir erwiesene Eiweisszersetzung einschliesse, durch den Nachweis von Leucin und Tyrosin nach Pepsinwirkung darthun müssen. *H.-S.* vermeidet ersichtlich eine Selbstständigkeit der *Möhlenfeld*'schen Arbeit und dass ich hinsichtlich dieser das Richtige getroffen, zuzugeben, meint dagegen, die Untersuchungen von *Lubavin* seien von mir grundlos als unselbstständig verdächtigt. Ich kann natürlich nichts dagegen einwenden, wenn erklärt wird, *Lubavin* habe die Bildung von Leucin und Tyrosin bei der Magenverdauung „durchaus selbstständig gefunden", muss aber hervorheben, dass die Verantwortung dafür Herrn *H.-S.*, unter dessen Leitung die Arbeit, wie der Autor in der üblichen Weise am Schlusse sagt, ausgeführt worden, dennoch zufällt, da die so sehr betonte Selbstständigkeit bei einem Manne, der weder jemals vor noch nach seinem Besuche des *Hoppe*'schen Laboratoriums den Jahresberichten Anlass zur Aufführung seines Namens gegeben, selbstverständlich keine absolute sein kann. Bei Herrn *Möhlenfeld*'s Untersuchung, für die *H.-S.* mit eintritt, bemerkt er, dass meine Befunde auf die Richtung seiner Arbeiten gar keinen Einfluss gehabt hätten. Es ist dies eine reine Unmöglichkeit: Aeltere Angaben und die Analysen von *Thiry* hatten

die Zusammensetzung der Peptone für gleich mit der der in Verdauung gegebenen Albumine erklärt, was neuerdings wieder von *Maly* gegen *H.-S.* und *Möhlenfeld* bestätigt worden und von *H.-S.* als richtig zugegeben zu sein scheint und es herrschte darum die Meinung, dass die Verdauung in einer nicht auf Zersetzung beruhenden Umwandlungsweise bestehe, wie es ehedem (auch nach *Lubavin*'s Citat) *Tiedemann* und *Gmelin* gedacht hatten. Während man so die fragliche Zersetzung weder behaupten noch verneinen konnte, erschien meine Pankreasarbeit, aus der man sicherer erfuhr, als es bis heute selbst durch alle späteren Peptonanalysen auch nur angedeutet worden, dass es eine Verdauung gebe, bei welcher schon bekannte und höchst charakteristische Zersetzungsproducte der Albumine auftreten; — und Das soll gar keinen Einfluss auf die Richtung von *H.-S.*'s viel späteren Arbeiten, die das gleiche Ziel verfolgten, gehabt haben? Niemand wird und kann das glauben! Wer der Sache näher steht, kann aus der Art freilich, wie *H.-S.* die an sich schon sehr unsicheren Befunde von *Lubavin* und *Möhlenfeld* in seinem Handbuche der physiol. u. pathol. chem. Analyse vor den meinigen, von Jedermann bestätigten, in den Vordergrund stellt, entnehmen, dass es ihm nichts verschlägt, die frühere Entdeckung zuverlässigerer Thatsachen ins Gefolge der späteren und zweifelhaften zu setzen, wird sich aber keineswegs damit überreden lassen, dass die früheren Beobachtungen die späteren nicht provocirt hätten; und wer die massenhafte Gewinnung des Leucins und Tyrosins bei der Pankreasverdauung erprobt hat, wird finden, dass *H.-S.* aus Mücken Elephanten macht, indem er die winzigen von *Möhlenfeld* bei der Pepsinverdauung erhaltenen Mengen jener Körper daneben stellt. Soll ich noch hinzufügen, dass das Caseïn nach *H.-S.*'s und *Lubavin*'s eigenen Angaben kein einfaches Eiweiss ist, also hier gar nicht maassgebend war und dass *Möhlenfeld* das Auftreten des Tyrosins selbst nicht für sicher

erwiesen hält? So war die Sachlage und dennoch schrieb *H.-S.* (a. a. O., 4. Aufl., S. 248): „Nach den Untersuchungen von *Lubavin* und *Möhlenfeld* bilden sich bei der Einwirkung von Magensaft auf Caseïn oder Fibrin Leucin und ein dem Tyrosin sehr ähnlicher, wohl damit identischer Körper, sowie dies *Kühne* auch bei der Verdauung des Fibrins durch die Pankreasdrüse gefunden hatte". Indem ich gegen solche Darstellung protestire, verfolge ich keineswegs persönliches oder Autoreninteresse, sondern ein sachliches. Mag es noch so oft wiederholt werden, dass die Pepsinverdauung aus den in Verdauung gegebenen Albuminen Leucin und Tyrosin bilde, die Angabe ist und bleibt falsch und wenn *H.-S.* sich nicht dazu verstehen will, die von mir aufgedeckte Quelle des Irrthums zu prüfen, so fällt der von ihm beliebten Darstellung z. Th. die Verantwortlichkeit für die heutige Verwirrung in der Verdauungslehre zu, welche das Pepsin zu einem Spaltungsmittel der Peptone wie das Trypsin macht. Dass damit Eiweissspaltung bei der Pepsinbildung durch Magenverdauung nicht geläugnet werde, habe ich an andrer Stelle bereits ausgeführt und *H.-S.*'s voreilige Bemühungen, die Körper, aus deren Auftreten dies hervorgeht, zu discreditiren, werden meiner Freude keinen Abbruch thun, endlich das Verständniss für die von uns Allen verkannten Angaben *Meissner*'s gefunden zu haben, denen so wenig gefehlt hat um die digestive Zersetzung der Albumine zu einer wohlbegründeten Thatsache zu machen. Was *H.-S.* sich im Uebrigen hinsichtlich meiner Arbeit zu sagen gestattet, veranlasst mich nur für Leser, welche dieselbe nicht kennen, zu bemerken, dass wahrscheinlich auf sie bei der Aeusserung, meine Mittheilungen enthielten ausser Phrasen und fremden Ideen kaum etwas, gerechnet worden, da *H.-S.* den Platz schwerlich anzugeben wüsste, wo dergl. zwischen der grossen Zahl meiner Versuche zu finden wäre.

Endlich bekennt *H.-S.* sich auch zu einem Irrthume, den

ich ihm mit Recht vorgehalten und schliesst mit den Worten: „Ich bedaure mein Versehen um so mehr, als es sich nun zeigt, dass die betreffende Angabe von *Kühne* überhaupt nichts Bemerkenswerthes enthielt und ich sie hätte ganz übergehen können". Ersichtlich kann Das nur zweierlei bedeuten: entweder war die Angelegenheit an sich nicht der Erwähnung werth und *H.-S.* berührte sie nur, weil er sie für eine Gelegenheit hielt mir zu widersprechen, oder die Thatsache (Verhinderung der Trypsinverdauung durch sehr verdünnte Säuren) war zu besprechen und dann hätte er mich, der sie gefunden oder nach *Danilewsky* bestätigte und erweiterte, nicht erwähnt.

Es ist traurig, dass ein Schriftsteller Anlass nahm, solchen Einblick in seine Werkstatt zu gewähren!

Heidelberg, den 30. Mai 1878.

---

# Beobachtungen
# an der frischen Netzhaut des Menschen.

Von **W. Kühne.**

Durch die Güte der Herren Collegen *O. Becker* und *V. Czerny* ist es mir möglich geworden die Netzhaut eines normalen menschlichen Auges im denkbar frischesten Zustande zu untersuchen.

Die Gelegenheit fand sich bei der Exstirpation eines Epithelioms, welche die Entfernung des Bulbus nothwendig machte. Nach den von der Augenklinik erhaltenen Mittheilungen litt die 41jährige Patientin, Frau *B. B.* aus O., seit $1^1/_2$ Jahren an einem ausgebreiteten Epitheliom der Lider des rechten Auges, das auch die Conjunctiva bulb., sowie den äusseren und unteren graden Muskel ergriffen hatte. Genaue Prüfung der Functionen war wegen der in Folge starker Infiltrationen entstandenen Ptosis des oberen Lides nicht möglich gewesen und nur so viel festgestellt, dass das Sehvermögen wenn nicht ganz, doch annähernd normal geblieben, da bei entsprechender Kopfhaltung und Reposition des Lides allerfeinste Schrift gelesen werden konnte. Das linke Auge ist hypermetropisch und hat eine Sehschärfe von $^6/_9-^6/_6$; auf dem sonst normalen Hintergrunde sind die Chorioidalgefässe grösstentheils sichtbar, was mit den dunkelblonden Haaren einigermassen im Widerspruch steht. Zwei Stunden vor der Operation brachte Patientin in völliger Dunkelheit zu. Die in 3 Minuten von Herrn *Becker* vollendete Enucleation geschah in der Chloroformnarkose vor Natronlicht, in mässiger

Entfernung von 2 Bunsenbrennern mit Schornstein, deren Flammen mit je 2 an sehr feine Platindräthe angeschmolzenen Sodaperlen gelb erhalten wurden.

Das mir sofort (15. Mai 10 Uhr 45 Min.) überreichte Auge wurde weiter bei derselben Beleuchtung präparirt, durch einen dem Aequator parallelen, ziemlich weit nach vorn gelegten Schnitt getheilt, die vordere Hälfte in Alaun von 4 pCt., die hintere nach dem Ausstürzen der grössten Menge des Glaskörpers in NaCl von $^1/_2$ pCt. gelegt. Nachdem die Papille mit dem Locheisen von der Retina gelöst worden, betrachteten wir den Augengrund einige Secunden vor der leuchtenden Gasflamme, dann ebenso kurz an der nach einem Corridore hin wenig geöffneten Thür des Dunkelzimmers, wo durch nach Norden gewendete Fenster Licht des wolkenfreien blauen Himmels darauf fiel: es war uns nicht möglich, die Macula lutea oder die Fovea centralis auf dem gleichmässig hellbräunlichen (blass chocoladefarbenen) Grunde an irgend welcher abweichenden Farbennuance zu erkennen, obwohl uns der Verlauf der retinalen Blutgefässe nicht in Zweifel über den Ort jener Theile liess. In der nächsten Umgebung der Papille, wo die Retina durch die Behandlung mit dem Locheisen ein wenig gekräuselt oder abgehoben war, sah man den Sehpurpur durch einen leichten rosigen Schimmer angedeutet; auch bei möglichst schräger Beleuchtung war an den übrigen Theilen der Hohlschaale nichts als die genannte hell violet-braune, gleichmässige, wenig dunkle Farbe des epithelialen und chorioïdalen Pigments zu sehen.

Ich durchschnitt jetzt den Augengrund etwas nach innen von der Papille, senkrecht zum Retinahorizonte, brachte das innere Stück mit der darin haftenden Netzhaut in ein mit schwacher Salzlösung gefülltes schwarzes Glas und löste von dem anderen grösseren Theile die Retina mit feinen Hakenpincetten unter Salzwasser vom Epithel ab, was wider Erwarten leicht gelang,

obwohl der rückständige Glaskörper untrennbar mit ihr verbunden blieb. Aus diesem grossen Netzhautstücke wurde der die äussere Papillargrenze und die Macula enthaltende Theil mit einem Scheerenschnitte in Gestalt eines halbmondförmigen Lappens abgeschnitten und auf einer mit Salzlösung getränkten weissen Platte von unglasirtem Thon so ausgebreitet, dass sich der Glaskörper gegen die Unterlage sog, während die hintere Fläche nach oben lag. Diese zeigte, in gedämpftem Tageslichte besehen, die Macula von herrlich citrongelber Farbe, rings diffus begrenzt, ungefähr im Centrum mit der völlig farblosen Fovea versehen, deren Anblick am Besten mit dem eines sehr kleinen, recht durchsichtigen Sagokörnchens zu vergleichen war. Im Umkreise des gelben Fleckes war der Sehpurpur durch einen schwach violetten Schimmer angedeutet. Nachdem sich mehrere Zeugen während der freilich sehr kurzen Belichtung von dem Sachverhalte überzeugt hatten, wurde das Präparat lichtdicht verschlossen und ein weiteres kleines Retinastück am Tageslichte besehen. Dasselbe war von sehr heller Purpur- oder Rosenfarbe und blich an dem jetzt etwas dreister zugelassenen diffusen Tageslichte mit erstaunlicher Geschwindigkeit aus. Dabei war in keinem Stadium Gelb oder Chamois zu sehen, sondern nur Uebergehen durch blasses Lila zur vollkommenen Farblosigkeit.

Dies Alles war das Werk weniger Minuten und geschah mit dem geringsten Zeitverluste, da wir die ganze Beobachtung nach einem, auch für den Fall einzelner (zum Glücke nicht eingetretener) Hindernisse vorher entworfenen Plane durchgeführt hatten.

Die lichtdicht verwahrten Präparate wurden jetzt von der Augenklinik ins physiologische Institut getragen, wo zunächst das die Fovea enthaltende Netzhautstück im Ueberviolet auf Fluorescenz untersucht wurde.

Untadelhafter Sonnenschein begünstigte die folgenden Beobachtungen.

Um an dem unersetzlichen Präparate mit möglichster Sicherheit vorzugehen, war der Ort des übervioletten Focus des *Helmholtz*'schen Quarzapparates so vor diffusem Lichte geschützt, dass man daselbst ausser fluorescirenden Substanzen nichts erkennen konnte. Dr. *Ewald*, welcher von der Form und Orientirung des Retinastückes auf der Thonplatte nichts wusste, fertigte nach dem in sehr reinem, durch zweimalige Brechung erhaltenen übervioletten Lichte gewonnenen Anblicke eine Skizze an und vermochte diese nicht nur im Contour richtig herzustellen, sondern auch die Stelle genau zu bezeichnen, wo sich die Fovea neben einem von der Papillengegend in den Rand der Macula ein wenig einspringenden Risse befand. Ich selbst sah ebenfalls das ganze Retinastück schwach grünlichweiss, nach den Rändern hin etwas stärker leuchtend, und eine der Fovea entsprechende dunklere, nicht scharf begrenzte Lücke. Nachdem das Präparat zur Hälfte besonnt worden, war auf dieser Seite das Fluorescenzlicht unzweifelhaft heller geworden und die Grenze zur dunkel gehaltenen Hälfte besonders am Rande des Lappens gut anzugeben. Besonnung der Fovea änderte an deren Verhalten im Ueberviolet nichts.

Nach Erledigung dieses Theiles der Untersuchung bemühte ich mich das Retinastück von der Thonplatte so auf ein Deckglas zu ziehen, dass es sich mit der hinteren Fläche gegen dasselbe legte, was jedoch nicht ausführbar war, ohne Risse und Falten zu erzeugen. Dennoch glaubte ich, nach dem Ansehen mit blossem Auge die Macula tadellos erhalten, da ich die Membran dort glatt ausgebreitet und die Fovea darin sehr kenntlich fand. Mikroskopisch untersucht, zeigte die Stelle indess zu meiner sehr unangenehmen Ueberraschung ein von lebhaft gelben Rändern umgebenes Loch, von schwach elliptischer Gestalt und etwa 0,2 mm. grösstem Durchmesser, in welches von allen Seiten die bekannten schlanken Zapfen radiär hineinragten. Ich habe freilich die Ueberzeugung, dass der Substanzverlust erst beim

Uebertragen der weichen Membran von der Thonplattte, wo sie adhärirte, auf das Deckglas entstanden war, volle Sicherheit darüber vermochte ich nach Lage der Dinge jedoch nicht zu gewinnen. Prof. *Becker* und Dr. *Kuhnt*, welche das der Macula entsprechende Stück des Augengrundes behufs Untersuchung des hinter der Fovea liegenden Epithels zurückbehalten hatten, versichern mich wohl, darin weder unmittelbar nach dem Wegnehmen der Netzhaut Fetzen der letzteren mit der Lupe gesehen, noch an den Pigmentpräparaten später Stäbchen- oder Zapfenreste bemerkt zu haben; da man aber nicht wissen kann, ob solche nicht von der Salzlösung, worin die Präparationen vorgenommen, weggeschwemmt worden, bleiben wiederholte Untersuchungen über das optische Verhalten der frischen Fovea des Menschen wünschenswerth.

Ausser dem übervioletten Lichte war zur Feststellung der Absorption und des Ausbleichens der frischen Präparate noch ein kleines, sehr lichtstarkes und reines objectives Sonnenspectrum vorbereitet, in welches das grössere Stück der Netzhaut sogleich ausgebreitet wurde. Es zeigte sich in Gelbgrün, Grün und Blau ausserordentlich schwache Absorption und als wir das Präparat an sehr schwachem Tageslichte auf der weissen Unterlage besahen, war von dem Sehpurpur überhaupt nur noch wenig zu erkennen. Ich muss dazu bemerken, dass dieses Stück in einer lichtdichten feuchten Kammer, mit dem Glaskörper auf einem Objectträger ruhend, wegen seiner grossen Beweglichkeit von mir selbst nach dem Laboratorium getragen worden, aber trotz seiner anscheinend guten Erhaltung, wenigstens nach dem Umlegen in Salzwasser auf eine weisse Platte, wie die mikroskopische Untersuchung nachträglich zeigte, den grössten Theil der Stäbchen- und Zapfenaussenglieder verloren hatte. Licht hatte sicher nur auf dasselbe wirken können, als ich mich vor dem Transporte durch einen flüchtigen Blick in schwachem Tageslichte von der

wohl ausgeprägten, sehr zum Violet neigenden Färbung dieses Stückes überzeugt hatte. Immerhin hatte es jedoch so viel Farbe bewahrt, dass wir uns nach 5 Min. langer Einwirkung des Spectrums von der Wirkung aller Strahlen mit Ausnahme der rothen überzeugen und nachträglich die bekannten Fluorescenzunterschiede zwischen dem grösseren, ganz gebleichten und dem kleineren, dem Roth exponirten und davon nicht veränderten Antheile, wenn auch schwach, erkennen konnten.

Es blieb jetzt noch das nunmehr etwa eine Stunde alte Netzhautstück verfügbar, das wir mit dem inneren Theile des Augengrundes in seiner natürlichen Lage in Salzwasser verwahrt hatten. Dasselbe liess sich mit Ausnahme einer kleinen Stelle, die mit einem bräunlichen Anfluge herauskam, sehr leicht vom Epithel abziehen und erschien bei gerade ausreichendem Tageslichte betrachtet, nicht so violet, wie die ganz frische Retina, mehr rosenfarben. Im Spectrum zeigte es nahezu dieselbe Absorption, wie purpurne Kaninchen- oder Froschretinae, so dass ich früher Berichtetem nur noch hinzuzufügen habe, dass uns das Maximum der Absorption vom Gelbgrün mehr ins Grün gerückt und die Verdunkelung im Violet noch schwächer erschien, als es für den Sehpurpur bisher festgestellt worden. Nach 7 Min. langer Belichtung war die Bleichung im Gelbgrün und im Grün vollendet, im Roth keine Aenderung zu sehen, im Blau, noch mehr im Violet äusserst schwache Lilafärbung zu erkennen. Die Fluorescenzunterschiede der gebleichten und der roth belichteten Strecken waren hier äusserst deutlich, das Leuchten der ersteren im Ueberviolet beträchtlich intensiver und grünlicher: ein Stückchen des roth belichteten Antheiles ins Tageslicht gehalten wurde deutlich chamois und gelblich, ehe es ganz ausblich. Die Netzhautstelle, welcher Pigment anhaftete, mikroskopisch betrachtet, zeigte einen zusammenhängenden Belag von Epithelzellen, deren Grenzen nicht durch helle Rahmen (Kittleisten) bezeichnet, son-

dern im Gegentheil durch das bis an die Zellränder reichende dunkle Pigment verwischt erschienen. Im Allgemeinen waren die Epithelzellen arm an Pigment und dessen einzelne Theilchen nur von blassbrauner Färbung.

Die Peripherie der Netzhaut am folgenden Tage aus der in Alaun gehärteten, vorderen Bulbushälfte im Zusammenhange mit der Ora serrata und der Zonula ciliaris hervorgehoben, zeigte den von mir schon früher bemerkten nach vorn gelegenen purpurfreien Saum, an dieser durch den Alaun vielleicht etwas geschrumpften Retina aber schmäler, als ich ihn bisher gesehen, von höchstens 2—3 mm., auf einer Seite breiter, als auf der anderen. Da *Donders*, der diese Asymmetrie zuerst bemerkte (Klin. Monatshft. f. Augenheilk. XV, S. 156), dieselbe hinsichtlich der engeren Begrenzung des Gesichtsfeldes auf der Temporalseite (v. *Gräfe*'s Arch. XXIII, 2., S. 255) für bedeutungsvoll hält, so wurde die Herstellung unseres Präparates von Herrn *Becker* besonders überwacht und, nachdem wir uns an dem Bulbusstücke sorgfältig orientirt hatten, in der That gefunden, dass es die dem äusseren Retinarande entsprechende Seite war, wo der Purpur am wenigsten nach vorn reichte.

Ich habe die vorstehenden Befunde ausführlich mitgetheilt, um den Leser möglichst in Stand zu setzen, sich ein Urtheil darüber zu bilden und sich bei ähnlichen seltenen Gelegenheiten in zweckmässiger Weise auf derartige Beobachtungen einzurichten. Da mir nicht Alles so glückte, wie ich gehofft hatte, kann ich mein Verfahren weder in jeder Hinsicht empfehlen, noch mich über das Resultat anders, als unter einiger Reserve aussprechen.

Was mir vor Allem wissenswerth und nur am lebensfrischen Auge des Menschen zu entscheiden schien, war das Verhalten der Fovea centralis. *Horner*'s Angaben (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) über eine daran freilich nur in situ bemerkte kirschrothe, allmählich schwindende Färbung bestimmten haupt-

sächlich den Plan der Untersuchung. Ich habe von jener Färbung nichts gesehen, obgleich das Präparat nicht frischer sein konnte, das Auge intra vitam lange im Dunkeln gehalten war und die ungewöhnlich schwache Pigmentirung des Epithels und der Chorioïdes der Wahrnehmung des in den Zapfen der Fovea vermutheten, möglicherweise ohne Licht, im Absterben vergänglichen Farbstoffes ganz besonders günstig hätte sein müssen. Geringeren Werth, als auf dieses negative Resultat, muss ich auf Alles das legen, was an der abgezogenen Fovea gesehen worden, und wenn ich dies ausdrücklich bemerke, wird es hoffentlich zugleich als Anregung aufgefasst, bei ähnlichen Untersuchungen keine Prüfung zu unterlassen, die zur vollen Sicherheit erforderlich ist. Ich bekenne, dass es mir vermuthlich nicht eingefallen wäre, die mir untadelhaft erschienene Macula nach den Fluorescenzversuchen besonders auf etwaige Defecte zu prüfen und dass ich diese überhaupt nur fand, weil es mich anderweitig interessirte, eine frische Fovea vom Menschen mikroskopisch zu betrachten. Was in meinen Kräften stand, dem peinlichen Zustande, mit der besten subjectiven Ueberzeugung zurückhalten zu müssen, ein Ende zu machen, habe ich gethan, indem ich am 17. Mai die Augen eines mir gütigst von der Zoologischen Gesellschaft in Hamburg überlassenen lebenden Cebus Capucinus vornahm, aber ich bin für diese Affenspecies bis heute leider in Zweifel geblieben, ob sie überhaupt eine Macula lutea und Fovea centralis retinae besitzt. Das Thier wurde nach mehrstündigem Dunkelaufenthalte in der Chloroformnarkose geköpft und die Augen gerade so behandelt, wie das menschliche. Ich fand ganz, wie in einem früheren Falle (Bd. I, S. 33) bei Macacus cynomolgus, die Netzhaut so fest mit dem Epithel verbunden, dass ich besser gethan hätte, den Versuch, sie im frischen Zustande zu lockern, abzubrechen und das Material unter Aufgabe meiner nächsten Absichten, erst nach Alaunhärtung zu verwerthen. Die Membran

zerriss derart in kleine Fetzen, dass ich eine Macula, wie gesagt, gar nicht zu finden und nur im Allgemeinen die Anwesenheit des Sehpurpurs und dessen von dem menschlichen nicht abweichendes Verhalten im Spectrum, sowie bezüglich der Fluorescenz zu constatiren vermochte. Mit dem zweiten Auge, das ich erst nach einigem Liegen bearbeitete, war nichts Besseres zu erreichen; die Hoffnung, *Horner*'s Vermuthungen am Affenauge prüfen zu können, bleibt darum sehr gering. Da diese Augen unter den nämlichen Vorbedingungen untersucht wurden, wie das des Menschen, so verdient die das Haften der Stäbchen-Zapfenschicht am Epithel betreffende Differenz einige Beachtung.

Unter den Befunden am menschlichen Auge erlaube ich mir noch die über die Farbe der Netzhaut vor und nach der Belichtung hervorzuheben. In dem von der Retina entblössten Augengrunde erschienen die beiden Schichten der Chorioïdes und des Epithels entschieden anders, als während der Bedeckung durch die noch lebenswarme Retina: die zuerst blass chocoladefarbene, also auch Violet zeigende Fläche, bot später ein helles Gelbbraun. Da die frische Retina kaum als trübes Medium anzusehen ist und alle Gründe fehlen, ihr die Fähigkeit zuzutrauen, Gelbbraun zu Violetbraun zu decken, wenn sie selbst farblos ist, so meine ich in der Erscheinung einen Beweis zu finden, dass man in schwach pigmentirten Augen wenigstens Andeutungen des Sehpurpurs in situ zu erkennen vermag.

Nach dem Abheben der Netzhaut fiel am Sehpurpur 1) die stark violette Nuance, 2) das Ausbleichen ohne Umschlagen in Chamois oder Gelb auf; offenbar ist die erstere dem menschlichen Purpur immer eigen, ausgeprägter, als bei vielen Thieren, das letztere Folge der grösseren Lichtempfindlichkeit des Sehgelbs vor Ausbruch cadaveröser Processe, welche Anlass zu dessen Fixirung und Indolenz geben. Der einige Zeit in Salzwasser aufgehobene Netzhautantheil, dessen oben gedacht wurde, diente,

wie man ersehen haben wird, zum Gegenversuche, insofern daran selbst nach weisser Belichtung der Vorgang minder flüchtig und der Umschlag des ersten Bleichungsstadiums in das zweite vor der Totalbleiche an dem Auftreten gelber Nuancen bemerkbar wurde. Braune Färbungen des Sehpurpurs, die von mehreren Ophthalmologen (*Donders* u. A.) als dem Menschen eigenthümlich behauptet werden, zeigte unser Präparat nirgends.

Um das Material vollständig auszunutzen wurden sowohl mit gebleichten, wie mit ungebleichten Antheilen der Netzhaut einige Beobachtungen über die von den Herren *v. Bezold* und *Engelhardt* auf Fluorescenz gedeuteten Erscheinungen der Blutfarbe vor der Retina in monochroïtischer Beleuchtung angestellt. Die Prüfung schien mir schon deshalb nothwendig, weil die im Blau und Violet angenommene Fluorescenz des Augengrundes, der Retina zwar zugeschrieben, aber aus Beobachtungen abgeleitet worden, welche ebenso gut die brechenden Medien oder die hinter der Retina befindlichen Gewebe des Auges als das Fluorescirende aufzufassen erlauben würden. Unser Verfahren bestand darin, die genannten Spectralfarben einzeln durch einen am Orte des objectiven Spectrums aufgestellten zweiten Spalt treten zu lassen, die auf unglasirtem Thon ausgebreitete Netzhaut in das reine Licht zu halten und feine mit dünner Blutlösung gefüllte Glasröhrchen davor zu stellen. War die Blutlösung nicht zu verdünnt, so erschien das Röhrchen anfänglich schwarz, nach längerem Hinsehen im Blau gelbbraun, im Violet schmutzig braunröthlich und zwar, im Blau wenigstens, vor der blossen Thonplatte nicht anders, wie vor den Stellen, wo die letztere von dem Retinastücke bedeckt war. Wie mir scheint, beruht die Erscheinung nicht auf Fluorescenz, sondern auf Contrast, denn sie wurde erst deutlich, wie erwähnt, durch längeres Hinsehen, am deutlichsten, wenn man Alles erst mit weissem Papier bedeckte, und nach einigem Fixiren des blauen Feldchens, das Object plötzlich aufdeckte.

Die gelbbraune Farbe steht hiermit in bester Uebereinstimmung, denn sie ist das Complementär, welches man an schwarzen Gegenständen auf blauem Grunde wahrnimmt. Wäre Fluorescenz die Ursache ihres Auftretens, so begriffe man nicht, wie sie an Blutröhrchen und Blutgefässen, die in gelbem Lichte schwarz aussehen, überhaupt kenntlich werden sollte und weshalb, wenn das erregte Licht, wie zu vermuthen, gemischter Natur wäre, nicht einfach das Roth des Blutes zum Vorschein kommt. In der That sahen schmale Streifen mattschwarzen Papiers vor die blau belichtete Netzhaut gehalten, ebenso gelbbraun aus, wie das Blut.

Wurde der Versuch im spectralen Grün angestellt, so war der Contrast minder deutlich, oder stellte sich später ein, aber ich finde für mein Auge, welches den Contrast von Grün und Purpur, wie das der meisten Menschen sonst am besten auffasst, dass es unter den Contrastfarben, auf schwarzem Felde den Purpur am schwersten, das Gelb weitaus am leichtesten wahrnimmt. Ueber das Aussehen des Blutfarbstoffs vor der mit reinem Violet beleuchteten Netzhaut vermochte ich keine sichere Ueberzeugung zu gewinnen: es schienen mir die Röhrchen wohl etwas anders, als vor der Thonplatte und ich kann nicht sagen, dass sie die erwartete schmutzig gelbgrüne Complementärfarbe zeigten. Geringe Fluorescenz der Retina in diesem Lichte bin ich darnach nicht in der Lage, geradezu in Abrede zu stellen.

Die eben genannten Beobachtungen stimmen mit zahlreichen Erfahrungen, die ich seit geraumer Zeit mit der Methode der Herren *von Bezold* und *Engelhardt* am pigmentirten Augengrunde und an der isolirten bluthaltigen Netzhaut des Schweines erworben, überein: ich muss den Nachweis der Retinafluorescenz durch blaues Licht bezweifeln und kann mich für das Violet nicht davon überzeugen. Zur Erkennung der bekannten und unzweifelhaften Fluorescenz im Ultraviolet fand ich ausserdem die Blutgefässe oder vorgehaltene Blutlösungen wenig geeignet, und es hat mich dies

um so weniger überrascht, weil man in gut gereinigtem Ueberviolet auch die purpurne Eigenfarbe der Netzhaut nicht zu erkennen vermag. Unumgänglich ist bei derartigen Versuchen übrigens vollkommene Abblendung der nicht zur Verwendung kommenden Theile des Spectrums, namentlich der rothen, da jede Fläche, auf die man projicirt, von sämmtlichen Farben genug nach allen Richtungen zerstreut, um benachbarte Pigmente so zu beleuchten, dass auch nicht davon absorbirbare Strahlen auf sie fallen.

Schliesslich habe ich noch des Farbstoffes der Macula lutea zu gedenken, dessen vitale Existenz von Manchen, in missverständlicher Auffassung der Beobachtungen von *Schmidt-Rimpler*, bezweifelt worden. Wir fanden die gelbe Färbung sofort nach dem Abziehen der Retina, also wenige Minuten nach Beendigung der Lebensverhältnisse so ausgeprägt, dass ich an der Præexistenz nicht zweifle und die Auffassung theilen muss, nach welcher die Unsichtbarkeit in situ, bei grösster Durchsichtigkeit und Adhärenz der Netzhaut am Epithel, auf dem Verhalten aller Lackfarben auf dunklem Grunde beruht.

---

# Ueber Sehpurpur und Retinaströme.

Aus den „Upsala Läkareförenings Förhandlingar“ übersetzt und für diese „Untersuchungen“ mitgetheilt

von **Frithiof Holmgren.**

Durch die interessanten Untersuchungen von *Kühne* über die schnelle Bleichung und Regeneration des Sehpurpurs, sowie über die damit gewonnene Möglichkeit die optischen Bilder auf der Retina als Optogramme zu erhalten, wurde natürlich der Gedanke an eine physiologische Bedeutung des Sehpurpurs geweckt und die Frage nahe gelegt, ob und bis zu welchem Grade wesentlich der Sehpurpur beim Sehen betheiligt sei. Welcher Vorstellung man sich in dieser Hinsicht auch zuneigen mochte, so blieb der Gegenstand einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Es war hierzu vor Allem nöthig über einen zuverlässigen objectiven Ausdruck für die in der Retina stattfindenden und mit dem Sehen in wesentlichem Zusammenhange stehenden materiellen Vorgänge zu verfügen, eine Bedingung, welche wohl nur durch die von mir entdeckten Schwankungen des Retinastromes als erfüllt betrachtet werden konnte. Nach aller Erfahrung, welche *du Bois-Reymond's* glänzende Leistungen an die Hand gegeben, wird ein jeder Reizungsvorgang in den zum Nervensysteme gehörigen und damit im Zusammenhange stehenden Geweben, welche in dieser Beziehung bis jetzt untersucht worden, von einer Stromesschwankung begleitet, welche in der Weise constant und charakteristisch auftritt, dass ihr Vorhandensein umgekehrt als zuverlässiges Zeichen für einen innerhalb des Organes stattfindenden Reizungsvorgang aufgefasst werden kann. Durch den

Nachweis der Retinastromesschwankung wurde demnach eine bis dahin vorhandene Lücke ausgefüllt und das fehlende Zwischenglied gefunden, welches in der Reihe der Vorgänge das objective Licht auf der Retina oder die Aetherschwingungen als hervorrufende Ursache einerseits mit dem subjectiven Lichte oder der Empfindung im Gehirne als die schliessliche Wirkung andrerseits in Verbindung setzt.

Wenn man es also für berechtigt erachten darf, in den Retinaströmen eine mit den zum Sehen gehörigen materiellen Vorgängen im Auge wesentlich zusammenhängende Erscheinung anzunehmen, so dürfte man auch mit Hilfe derselben die Beziehung des Sehpurpurs zu denselben Vorgängen prüfen können. Sollte der Sehpurpur von wesentlicher Bedeutung für das Sehen sein, so dürften dessen Bleichung und Regeneration mit den Schwankungen des Retinastromes parallel gehen, oder aber wenigstens die An- oder Abwesenheit des letzteren mit den ersteren zeitlich zusammenfallen. Könnte dagegen gezeigt werden, dass die Schwankungen des Retinastromes in einem Auge vorkommen, in welchem der Sehpurpur vollständig fehlt oder umgekehrt in einem Auge vermisst werden, welches normalen Sehpurpur besitzt, so dürfte man daraus schliessen können, dass dieser mit jenem und folglich auch mit dem Sehen in keinem wesentlichen Zusammenhange stehe. Auf dieser Ueberlegung fusste mein Versuchsplan.

## I. Vom Retinastrome im purpurlosen Auge.

Schon in meinem ersten Aufsatze (1865) über den Retinastrom habe ich hervorgehoben, wie man denselben und seine Schwankungen im Froschauge ziemlich lange beobachten kann, nachdem dasselbe aus dem Kopfe herauspräparirt und aus jeder Verbindung mit dem übrigen Körper gelöst worden ist und ebenso, nachdem es ziemlich lange dem Lichte ausgesetzt worden. Der Sehpurpur verschwindet aber bekanntlich unter den letztgenannten Umständen ziemlich schnell, wenn es auch zugegeben

werden muss, dass er sich namentlich im Froschauge ziemlich lange erhält; im Kaninchenauge wenigstens wird er schneller gebleicht. Da im ausgeschnittenen Kaninchenauge indess auch der Retinastrom schnell schwindet, so musste an einem Auge beobachtet werden, welches noch mit dem lebenden Thiere in Verbindung blieb.

Meine Untersuchungen sind theils am Froschauge, theils am Kaninchenauge ausgeführt.

1. Froschauge. Ein Auge wird einem eben getödteten Frosche aus dem Kopfe genommen und der Bulbus wie gewöhnlich von allen anhängenden Muskelresten gesäubert. Das so hergerichtete Auge wird an einem sonnigen Orte mit der Pupille dem Lichte zugekehrt und um den Sehpurpur zu bleichen, in der Weise $^1/_2$—1 Stunde liegen gelassen. Wenn es nach Verlauf dieser Zeit auf die *du Bois*'schen zur *Wiedemann*'schen Bussole leitenden Thonelectroden in gewöhnlicher Weise aufgelegt wird, so lassen sich, man mag mit oder ohne Compensation arbeiten, die Schwankungen des Retinastromes beim Einfallen oder Abhalten des Lichtes deutlich beobachten. Die Erscheinungen treten in gewöhnlicher Weise auf, gleichviel ob man das ganze Auge dazu benützt unter Anlegen der einen Electrode auf die Hornhaut, der andern auf den hinteren Bulbusabschnitt, oder ob man von dem im Aequator gespaltenen Auge nur die hintere Hälfte verwendet und die eine Electrode auf die äussere, die andere auf die innere Seite derselben bringt. Hat man sich von der Gegenwart der Stromesschwankung überzeugt, so wird das Präparat zur Zeit, wo dieselben noch mit voller Deutlichkeit auftreten, schnell in 4procentige Alaunlösung geworfen und darin $2^1/_2$ Stunden im Dunkeln aufbewahrt. Wird die Netzhaut nach Verlauf dieser Zeit bei Natronbeleuchtung herauspräparirt, so zeigt sie regelmässig keine Spur von Purpurfarbe. Ich schliesse daher, dass die Stromesschwankung auch im purpurlosen Auge stattfindet.

2. Kaninchenauge. Ein Kaninchen wird mit dem Rücken

nach aufwärts gekehrt aufgebunden und der Kopf mittelst eines von mir modificirten *Czermak*'schen Halters, welcher das Operationsfeld in der Umgebung des Auges freilässt, befestigt. Der Versuch wird nach Curarevergiftung unter anhaltender künstlicher Athmung in folgender Weise ausgeführt. Zuerst wird die Lidspalte des einen Auges zugenäht, das Ohr darüber geschlagen und ebenfalls festgenäht. Dieses Auge ist also während des Versuches vor der Einwirkung des Lichtes hinreichend geschützt. Das andere Auge wird in der von mir gewöhnlich befolgten Weise hergerichtet, indem das obere Lid mit der Scheere und ein Theil des oberen Orbitalrandes mit der Knochenzange weggeschnitten werden. Dann wird die nach oben gekehrte Oberfläche des Bulbus von Muskeln und andern Geweben rein präparirt und an dieselbe so weit wie möglich nach hinten, gegen die Eintrittsstelle des N. opticus hin die eine Electrode angelegt, deren Thonspitze bis auf den kleinen sich anschmiegenden Theil mit einer isolirenden Hülle von Kautschuk überzogen ist. Es wird also in derselben Weise, welche ursprünglich von mir angegeben und seither immer von mir befolgt worden, verfahren, um den Retinastrom und dessen Schwankungen am Kaninchen zu demonstriren, und es zeigen sich dabei die gewöhnlichen und normalen Erscheinungen. Der Kopf wird nun schnell abgeschnitten und sofort in ein dunkles Zimmer gebracht, wo die beiden Augen vor dem Lichte einer Natronflamme herausgenommen, im Aequator halbirt und vom Glaskörper möglichst befreit, jedes für sich in 4procentige Alaunlösung gelegt werden. Nach 24stündigem Aufenthalte darin im Dunkeln, werden die Retinae bei Natronlicht herausgenommen, darauf im Tageslichte untersucht. Jetzt zeigt sich, dass die Netzhaut des während des Versuches verdeckt gebliebenen Auges normal purpurhaltig, die des andern dagegen, auf welchem die Stromesschwankungen beobachtet worden, auf der Aussenseite ganz purpurlos, also gebleicht ist. Dieses Verhalten

zeigt, dass die Schwankungen des Retinastromes am purpurlosen Kaninchenauge beobachtet werden können. Da die ganze Versuchsanordnung dieselbe geblieben, wie die, deren ich mich von jeher bediente, seit ich überhaupt die genannten Erscheinungen im Kaninchenauge nachgewiesen habe, so muss es ausserdem für wahrscheinlich gehalten werden, dass alle meine früheren Befunde sich auf purpurlose Augen bezogen.

## II. Vom Sehpurpur im stromlosen Auge.

Um seine Optogramme zu erkennen und aufzuheben, hat *Kühne* die Retina in situ in dem halbirten und vom Glaskörper entleerten Auge in Alaunlösung von 4 p. Ct. gehärtet. In dieser Flüssigkeit hält sich der beim Einlegen noch nicht gebleichte Purpur im Dunkeln und wird dann erst in gewöhnlicher Weise, grade so, wie in dem lebenden, soeben herausgenommenen Auge durch die Einwirkung des Lichtes gebleicht.

Wenn man ein in der genannten Weise bei Natronlicht im sonst verdunkelten Zimmer eben herauspräparirtes Auge vom Frosche oder Kaninchen 24 Stunden in der Alaunlösung vor dem Lichte geschützt aufbewahrt und dasselbe darauf zum Stromversuche verwendet, so findet man, wie zu erwarten, daran keine Spur von Stromesschwankung auf Lichtwirkung. Der Sehpurpur ist zwar nach beendetem Versuche verschwunden und die Netzhaut vollkommen gebleicht; dass aber der Purpur zu Anfange des Versuches vorhanden war, kann in verschiedener Weise gezeigt werden. Ich habe mich in den einzelnen Fällen in folgender Weise davon überzeugt.

1. Man präparirt und behandelt gleichzeitig und in derselben Weise die beiden Augen desselben Thieres; zum Stromversuche wendet man nur das eine an und überzeugt sich nachher, dass das andere seinen normalen Purpurgehalt besitzt.

2. Von demselben Auge, das zum Stromversuche dient, löst man vorher in der dunklen Kammer bei Natronlicht ein Stück-

chen der Netzhaut ab und überzeugt sich nach dem Versuche, dass dasselbe purpurn ist.

3. Nach dem Versuche und nachdem man die Stromlosigkeit des Präparats constatirt hat, untersucht man die Stelle der Netzhaut, welche von der einen Electrode bedeckt, also vor dem Lichte geschützt war. Dieselbe zeigt dann auf ihrer Aussenseite normale Purpurfarbe.

Fasst man das Hauptergebniss des jetzt Angeführten zusammen, so findet man, dass die Schwankungen des Retinastromes in keiner wesentlichen Beziehung stehen zu den Bleichungs- und Regenerationserscheinungen des Sehpurpurs.

Wir ziehen daraus den Schluss, dass der Sehpurpur eine wesentliche Bedeutung für das Sehen hat.

Die vorerwähnten Versuche waren schon ausgeführt und der Schluss daraus gezogen, ehe es mir durch *Kühne*'s Schriften bekannt geworden, dass der Sehpurpur gewissen Thieren fehlt, welchen man das Sehvermögen nicht absprechen kann, und dass derselbe auch im gelben Flecke des Menschen vermisst wird, also auf der Stelle der Netzhaut, welche sich vor allen anderen als die wichtigste und am meisten zum Sehen verwendete auszeichnet. Diese Erfahrungen verleihen nun unserem Satze eine Stütze, welche die Wahrheit desselben unzweifelhaft macht.

Damit könnte meine gegenwärtige Aufgabe für zur Genüge gelöst erachtet werden. Wenn ich dessen ungeachtet noch etwas hinzufüge, so geschieht es, weil es sich um Versuche handelt, die mit dem Gegenstande eng verknüpft und an sich von hinreichendem Interesse sind, um besonders erwähnt zu werden.

## III. Vom Sehpurpur und dem Retinastrome bei durchschnittenem Sehnerven.

Im Zusammenhange mit älteren Untersuchungen über den Bewegungsmechanismus der Iris im herausgenommenen Froschauge, welche später von *Edgren* fortgesetzt worden, durchschnitt

ich bei einigen Kaninchen den Sehnerven innerhalb der Schädelhöhle nach einer von mir erfundenen und beschriebenen Methode. Das Resultat fiel damals insofern negativ aus, als die Pupille nach dem Schnitte dauernd erweitert und unveränderlich blieb. Ich liess die Thiere um so lieber am Leben, als sie sich nach der Operation gesund und munter zeigten und sich den Functionen der Ernährung und Fortpflanzung normal hingaben; ich bewahrte sie auf, um die Folgen des Schnittes nach längerer Zeit zu beobachten. Unter Anderem wollte ich auch wissen, wie es sich mit dem Sehpurpur und mit der Schwankung des Retinastromes in einem solchen Auge verhalte.

Ich hatte mir vorgestellt, dass dasselbe ein besonders geeignetes Präparat zur Entscheidung der Beziehungen des Retinastromes zum Sehpurpur liefern werde. Diese Voraussetzung hat sich als fehlerhaft erwiesen, denn ein solches Auge giebt über jene Frage gar keinen Aufschluss: es verhält sich, insoweit dies meine Untersuchungsmethoden zu ermitteln gestatten, ganz wie ein normales, der Sehpurpur und der Retinastrom verhalten sich nach Trennung des Sehnerven ganz, wie vorher.

Diese Erfahrung, welche ich habe mittheilen wollen, stützt sich auf Versuche an blinden Kaninchen, welche die Opticusdurchschneidung länger als 2 Jahre überlebt hatten. Solche Thiere sind an ihrer, wie schon erwähnt, unbeweglichen und erweiterten Pupille und bei näherer Betrachtung an einer Unebenheit des Schädels am Orte, wo die später ausgefüllte Oeffnung im Knochen gemacht war, am besten wieder zu erkennen. Dieselben bieten übrigens ein vollkommen normales, namentlich am Auge sonst nicht abweichendes Aussehen dar. Bei einigem Nachdenken ist dies auch nicht besonders erstaunlich, denn das Auge dürfte wohl im Wesentlichen im Besitze seiner gewöhnlichen Ernährung bleiben, da die kleinen bei der Operation verletzten Gefässe aller Wahrscheinlichkeit nach einen höchst geringen

Einfluss auf die Ernährung der Kaninchennetzhaut ausüben werden. Die Opticusfasern hinter dem Schnitte nach dem Gehirne zu fand ich degenerirt; wie es sich mit den vor dem Schnitte nach dem Auge hin gelegenen verhalte, habe ich noch nicht untersucht; dieselben dürften im normalen Zustande erhalten bleiben, ebenso die Retina selbst, weil dieses Organ ja weder seiner normalen Ernährung noch seinem gewöhnlichen Reize entzogen worden. Wie weit der Reizungsvorgang in centraler Richtung fortgeleitet wird, dürfte für das Wohlbefinden des Organs gleichgültig sein.

Meine Versuche am operirten Auge sind bezüglich des Retinastromes von besonderem Interesse. Man hat hier nämlich ein Präparat zur Verfügung mit einer Iris, welche gegen Licht vollständig und sicher in Ruhe bleibt. Der störende Einfluss, welchen die Muskeln dieses Organs auf die Schwankungen des Retinastromes ausüben, ist somit beseitigt. Dessen ungeachtet zeigten sich auch jetzt und zwar regelmässig jene auf die ersten kurzen, in negativer Richtung gehenden Ausschläge zunächst langsamer folgenden positiven oder negativen Ausschläge, welche ich früher als hauptsächlich von den Irismuskeln herrührend angegeben habe. Diese nachfolgenden langsamen Bewegungen des Bussolenmagneten müssen also in Bezug auf ihre Ursache weiter studirt werden. Zu derartigen Untersuchungen haben wir hier jedenfalls ein passendes Präparat gefunden.

Ich erinnere noch an die Aehnlichkeit, welche die Wirkung des Lichtes auf eine Retinastelle hat, mit der Einwirkung des constanten Stromes auf eine Strecke eines gewöhnlichen Nerven: im ersten Augenblicke nach Schluss oder Oeffnung des Stromes constant eine kurze Schwankung des Nervenstromes in negativer Richtung und nachher eine weitere, langsamer auftretende Aenderung des Stromes.

Christineburg in Schweden, den 1. August 1878.

# Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges.

Von **W. Kühne.**

(Hierzu Tafel VII. u. VIII.)

---

## I. Zum Verhalten der Netzhaut des Menschen.

Die Augen eines 41jährigen Phthisikers boten mir Gelegenheit zu einer Beobachtung über anscheinend geringe Lichtempfindlichkeit des menschlichen Sehpurpurs intra vitam. Der Patient war am 1. Juli Morgens 10 Uhr ziemlich plötzlich an acutem Lungenödem gestorben, nachdem er die Zeit der etwa 2stündigen Agonie in einem grossen Schlafsaale, der durch 2 Fenster Licht empfing, meist mit offenen Augen zugebracht hatte. Der im Allgemeinen etwas düstere Raum war an dem genannten Tage wegen des sehr klaren Wetters freundlicher, als gewöhnlich; doch war das Licht nur von der Seite zu dem Sterbenden gedrungen. Die Augen waren in derselben Beleuchtung ohne besondere Vorsicht herausgenommen, dann aber sofort in einem dunklen Eiskasten verpackt und versendet; ich untersuchte sie Abends 6 Uhr.

Zum ersten Male sah ich hier nach Eröffnung im Aequator den Glaskörper v o l l s t ä n d i g ausschlüpfen und den Augengrund fast trocken, mit wenig spiegelnder Oberfläche zurückbleiben. Nach dem Ausbohren der Papille löste sich die Netzhaut mit grösster Leichtigkeit, ohne einzureissen, vom Epithel ab, so dass ich sie in dünner Salzlösung mit einer Porzellanplatte auffangen

und kaum gefaltet darüber ausbreiten konnte. An's Tageslicht gebracht, sah sie hellrosenroth aus, wie immer weniger gefärbt im Umkreise der Macula, deutlicher gegen den Aequator hin, wo die Farbe auch in Folge einigen Epithelpigments, das an mikroskopisch besehenen Stückchen innerhalb der Stäbchen-Zapfenschicht zu erkennen war, etwas in's Braune ging; Epithelzellen waren dort nicht zu sehen. Die Macula war durch intensiv citrongelbe Färbung ausgezeichnet, die Fovea als kleine farblose Delle sehr deutlich zu erkennen, wie sie es heute in dem angetrockneten Präparate noch ist, wo man auch an dem wachsartigen Aussehen der Stelle und bei mikroskopischer Betrachtung in auffallendem Lichte die Ueberzeugung gewinnt, dass daselbst kein Substanzverlust stattgefunden hat. Ich habe mich ausserdem durch Abschaben des der Macula entsprechenden Ortes am Augengrunde, gleich nach dem Abziehen der Netzhaut vergewissert, dass an demselben keine Zapfen und Stäbchen hängen geblieben waren. Der Purpur des Präparates blich alsbald am Lichte aus, doch dauerte die Zerstörung des Sehgelb ziemlich lange.

Hätte man mir diese Retina mit der Frage vorgelegt, ob sie vor dem Tode belichtet worden, so hätte ich nach meinen bisherigen Erfahrungen über das menschliche Auge, noch mehr nach Dem, was mir aus Versuchen am Kaninchenauge geläufig geworden, gesagt, sehr schwache Belichtung scheine das Auge getroffen zu haben, aber ich wäre nicht darauf gekommen, den nach der erhaltenen Beschreibung wirklich stattgefundenen Grad der Beleuchtung zu errathen, denn die Stäbchenfarbe war kaum blasser, als die einer Dunkelretina vom Menschen: sie war nur mehr rosa und weniger violet, als jene.

Es liegt an der beschwerlichen Zugänglichkeit des Materials, dass wir bis heute so geringe Kenntniss von der Intensität und Dauer des Lichtes haben, deren das menschliche Auge bis zum Schwinden des Purpurs bedarf. Soweit die ophthalmologische

Literatur darüber Aufschluss gibt, scheint es, dass uns in dieser Hinsicht noch starke Ueberraschungen bevorstehen, denn ich finde, um nur die Extreme zu nennen, einerseits die bekannte Angabe von *Michel*, nach welcher der Sehpurpur einem Dunkelauge gänzlich fehlte, andrerseits die noch weniger zu reimende Beobachtung von *H. Adler* (Centralbl. f. d. Med. W. 1877, S. 244) über eine aus einer Wunde im Auge vorgefallene Netzhaut, deren Purpur durch intensivstes Licht nur sehr langsam, ja nach 3/4stündiger Besonnung nicht einmal vollständig gebleicht worden. Da die Kaninchennetzhaut sich von der menschlichen durch den Mangel an Gefässen unterscheidet, insofern sie solche nur in der Gegend der markhaltigen Opticusfasern besitzt, habe ich es nicht unterlassen einige optographische Versuche am lebenden Hunde vorzunehmen, dessen Netzhaut hinsichtlich der Blutversorgung der menschlichen ähnlicher ist. Dieselben haben mich indess überzeugt, dass der Purpur dem des Kaninchens an Lichtempfindlichkeit intra vitam nicht nachstehe, da die Zeit von 3 Minuten am atropinisirten Hundeauge genügte, um das Optogramm durch Ueberexposition noch gründlicher zu verwischen, als es beim Kaninchen unter demselben ziemlich intensiven Lichte geschehen war. Im Falle der Retinapurpur des Menschen sich wirklich lichtbeständiger erwiese, müssten wir unsere Regeneration der dem Auge der Thiere zukommenden für überlegen halten, denn die isolirte menschliche Netzhaut kann nach keiner zuverlässigen Beobachtung für minder lichtempfindlich, als die der Säuger gelten.

Nachdem ich an der hier beschriebenen Netzhaut wiederum die bisher ohne Ausnahme beim Menschen bemerkte Vertheilung der Purpurfärbung gesehen, welche in einer allmählichen Zunahme der Intensität von der Fovea nach dem Aequator besteht, kann ich nicht umhin, meine anfängliche Vermuthung, dass dies von irgend welchen örtlich verschieden verlaufenden Störungen

der Regeneration während der Agone herrühre, aufzugeben, um dafür die viel einfachere und einleuchtendere Erklärung zu geben, welche aus der bekannten Vertheilung der Stäbchen und Zapfen unmittelbar hervorgeht. Je ärmer an Stäbchen und je reicher an Zapfen eine Netzhautstelle ist, desto weniger purpurfarben wird sie, weil nur die ersteren Sehpurpur enthalten, sein, und da die Zahl der purpurlosen Zapfen von der Fovea nach dem Aequator beim Menschen continuirlich abnimmt, während dafür Stäbchen auftreten, muss die Netzhaut offenbar vom Aequator nach rückwärts alle Uebergänge von der intensivsten Farbe bis zur Farblosigkeit der gänzlich stäbchenfreien, nur Zapfen führenden Fovea darbieten.

---

Wie schon erwähnt, entschlüpfte der Glaskörper der hinteren Augenhälfte sehr vollkommen. Dasselbe ereignete sich bei dem zweiten Auge, so dass die Netzhaut auch hier schon am Natronlichte ungewöhnlich gut in situ zu betrachten war. Ich opferte daher einige weitere auf den Purpur bezügliche Beobachtungen und brachte den entleerten Augengrund an's Tageslicht. Hier wurde mir die Freude, *Horner*'s Mittheilungen (vergl. ds. Hft. S. 75) über die Erkennbarkeit der Fovea centralis an ihrem natürlichen Orte sogleich zu bestätigen. Das Grübchen war mit ausserordentlicher Deutlichkeit als sehr kleines dunkelbraunes Pünktchen von etwa 0,2 mm. Durchmesser zu erkennen, und dass dieses nur die Fovea sein konnte, war, abgesehen von der Lage zur Papille in der von den Netzhautgefässen gelassenen Lücke, mit der Lupe schon innerhalb der Salzlösung, noch besser nach dem Ausgiessen der letzteren festzustellen, indem man die Vertiefung mit wallartiger Umgebung zweifellos erkannte. Der ganze übrige Grund des recht blonden, mit graugrüner fleckiger Iris versehenen Auges erschien chamoisbraun mit bemerkbarer Beimischung von Violet. An das Licht der Abendsonne in's

Freie gebracht, ging die Farbe in reineres dem Zimmt ähnliches Braun über, wie ich denke, weil der Sehpurpur über dem mehr gelbbraunen Grunde ausblich. Dabei erfuhr das Aussehen der Fovea so wenig eine Veränderung, wie später durch gründliches Belichten mit einer Magnesiumflamme; als ich aber die Netzhaut des in's Salzwasser zurückgebrachten Auges abhob, verschwand das dunkle Pünktchen in dem Augenblicke, da sich die Gegend der Macula vom Epithel trennte und es trat an seiner Stelle die kleine farblose Delle in der jetzt erst zum Vorschein kommenden intensiv gelben Umgebung auf. Es gelang mir dieses Präparat ebenfalls ohne Schädigung der Fovea auf Porzellan anzutrocknen.

Ob meine Beobachtung *Horner*'s Angaben ganz entspricht, ist gegenwärtig nicht zu entscheiden: ich kann zunächst die Farbe der Fovea in situ nicht „kirschroth" nennen, würde aber begreifen, wenn Jemand für das von mir gesehene Object den Ausdruck wählte, obschon ich glaube, dass ein Zeuge (dessen ich leider entbehrte), wenn er denselben gebraucht, ihn gegen Zweifel nicht aufrecht erhalten hätte. Die ganze Erscheinung stimmte durchaus mit den Abbildungen, welche mehrere Ophthalmologen von dem zuweilen am Orte der Fovea mit dem Augenspiegel gesehenen dunklen Fleckchen des Augenhintergrundes geben; da dieselben an einem erst 8 Stunden in Eis conservirten, dann etwa eine Stunde bei hoher Sommertemperatur untersuchten Auge bemerkbar geblieben und das Licht keinen Einfluss darauf hatte, so kann ich der Fovea keinen im Absterben oder durch Licht vergänglichen eigenen Farbstoff, den *Horner*'s Mittheilungen vermuthen liessen, zuschreiben, sondern muss, weil das Grübchen nur im Augenblicke des Abhebens von der braunen Unterlage farblos wurde, die Annahme machen, dass die Fovea nur in Folge ihres Baues gegen das Epithel und die Chorioïdea gesehen dunkel erscheint. Dass sie so nicht immer gesehen und von mir, trotz

der Bekanntschaft mit *Horner*'s Angaben, jetzt zum ersten Male so gesehen worden, erklärt sich, denn die Erscheinung ist vermuthlich nur an Augen zu bemerken, deren Netzhaut faltenlos am Epithel liegt und an der Fovea nicht abgehoben ist, wie es in der Leiche ohne unser Zuthun meist geschieht, und vielleicht nur an solchen Augen auffällig, deren Glaskörper vollkommen abschlüpft. Das Letztere begegnete mir, wie erwähnt, jetzt am menschlichen Auge zum ersten Male; ausserdem habe ich seit den Veröffentlichungen *Horner*'s nur das in der Mittheilung S. 69 dieser Untersuchungen erwähnte, von Lebenden enucleïrte Auge auf die Sichtbarkeit der Fovea in situ geprüft, das wegen der weiteren damit in Aussicht genommenen Versuche nur sehr kurz betrachtet werden durfte. Jetzt, da ich die von *Horner* angeführte Erscheinung aus eigener Erfahrung einmal gesehen zu haben und zu kennen glaube, meine ich, dass sie mir auch früher nicht entgangen wäre, wenn der Glaskörper nicht das Hinderniss für die Betrachtung gebildet hätte. Eine gelegentliche Mittheilung Herrn *Horner's*, wie die von ihm untersuchten Augen sich in letzterer Beziehung verhielten, würde mit Dank aufgenommen.

Wenn die Fovea centralis eine selbstständige Eigenfarbe, wie wir nun wissen, nicht besitzt, vielmehr in den natürlichen Verhältnissen farblos durchsichtig ist und dennoch dunkler gesehen wird, als ihre Umgebung, so liegt anscheinend nichts näher, als die sehr einfache Annahme, dass man durch ihre Zapfen hindurch nur den pigmentirten Hintergrund sehe und diesen dort besonders deutlich und am tiefsten gefärbt, weil die Retina davor am dünnsten und durchsichtigsten ist. Unter gewissen Umständen mag die Erscheinung wirklich so zu Stande kommen, ich meine aber davor warnen zu sollen, es für alle Fälle vorauszusetzen, weil es dann unbegreiflich würde, weshalb die geübtesten Beobachter mit dem Augenspiegel unter Verhältnissen, wo keins

der Hindernisse, das im geöffneten Auge den Anblick erschweren kann, vorhanden ist, die Fovea so oft nicht zu erkennen vermögen, oder sie wenigstens nicht als dunkles Pünktchen, sondern höchstens an den bekannten Randreflexen bemerken.

Es ist mir aufgefallen, dass die Fovea im eröffneten Auge viel dunkler aussah, als der von der Netzhaut entblösste Epithel-Chorioïdalgrund, der nur helle Zimmtfarbe besass. Da ich der betreffenden Retinastücke noch für andere bald zu erwähnende Beobachtungen bedurfte, habe ich den nahe liegenden Versuch, das Gelb der Macula durch Zurücklegen der Netzhaut gegen das dunkle Epithel verschwinden zu lassen, was vermuthlich gelingen dürfte, und die Färbung der Fovea wiederkehren zu sehen, nicht angestellt, aber ich habe mich überzeugt, dass der Augengrund unter der Fovea in diesem Falle sicher keinen stärker pigmentirten Fleck hatte. Wie durchsichtig die Retina im Leben und an frischen Augen sein mag, so stellt sie doch einen nicht völlig glasartigen Ueberzug, immer einen dünnen, weisslichen oder weisspurpurnen Schleier des Augengrundes vor, worin die Fovea mit ihren ausschliesslich in Betracht kommenden Zapfen, bei dem fast vollkommenen Mangel aller vorderen Schichten die durchsichtigste Stelle ist. Es handelt sich bei ihrer Sichtbarkeit in situ auch augenscheinlich nur um den eigentlichen Grund der Grube, denn das dunkle Pünktchen ist erheblich kleiner, als die nicht gelbe Stelle, welche man nach dem Abheben und auf weisser Unterlage für die Fovea nimmt. Da die wallartig erhabene Umgebung der Macula lutea ferner (wie schon *Nobili* wusste) der dickste Theil der Netzhaut ist, was man an aufgetrockneten Präparaten sogar noch deutlich erkennt, so kann der dunkle Grund hinter der Fovea nicht nur auf grossem helleren Felde, sondern auch im Mittelpunkte einer besonders opaken d. h. weisslicheren Stelle durchscheinen: er könnte also durch Contrast unvergleichlich dunkler gesehen werden, als die ganze Fläche im entblössten

Zustande nach dem Abziehen der Retina aussieht. Es sind hier indess noch manche Umstände zu beachten, welche der fraglichen, in jeder Beziehung wichtigen Netzhautstelle das besondere Aussehen ertheilen können, so viele, dass man sich nicht wundern dürfte, wenn man dieselbe gelegentlich statt braun, roth und selbst in einem albinotischen Auge sichtbar fände.

Es sei mir gestattet auf einige hierher gehörige Erfahrungen über den Durchgang des Lichtes durch Stäbchen und Zapfen, welche ich früher nur kurz und bei Erörterung anderer Fragen berührte, zurückzukommen. Taf. 7 und 8 sollen Das, was Bd. I, S. 235 darüber bereits angedeutet worden, bildlich belegen. Fig. 1 und 2, Taf. 7 zeigen vollkommen glatt gegen hohl liegende Deckgläser geklebte frische Netzhäute vom Frosch und vom Salamander, in *A* von hinten, in *B* von vorn gesehen. (Einige hier zu übergehende, in anderer Hinsicht Interesse bietende Einzelheiten der Abbildungen sind in der Erklärung der Tafel am Schlusse der Abhandlung nachzusehen.) In den Ansichten (*A A*) von vorn bemerkt man die aus den optischen Querschnitten der Innenglieder von Stäbchen und Zapfen gebildete Mosaïk, worin die letzteren tief grau, lichtlos erscheinen. Dass diese Stücke, abgesehen von zufällig schief liegenden Stäbchen, die auch grau aussehen, den Zapfen angehören, erhellt aus ihren, bei diesen Thieren im Vergleiche zu den Stäbchen bekanntlich kleineren Querschnitten der Innenglieder und aus den besonders beim Salamander häufigen und auffälligeren Doppelzapfen, die man in Fig. 2, *B* an mehreren Stellen deutlich herauserkennt. Es wird ausserdem belegt durch das oft zu findende Bild der gleichen Mosaïk, welche beim Anblicke von hinten an solchen Froschnetzhäuten zum Vorschein kommt, die Pseudooptogramme besitzen, d. h. Stellen, an welchen die farbigen Stäbchenaussenglieder mit dem Epithel abgerissen und nur die Zapfen stehen geblieben sind. Da hindert nichts die Mosaïk der

Stäbcheninnenglieder von rückwärts und die dazwischen befindlichen kleineren Setzstücke als die etwas tiefer gelegenen Innenglieder der noch vorhandenen Zapfenaussenglieder zu erkennen; doch sind in dieser Mosaïk alle Stücke hell. In welcher Weise das Licht von unten auf ein solches Präparat nach dem Umdrehen desselben durch den Tisch des Mikroskops fallen möge, so sieht man von oben alle Zapfen dunkel und es ist nur ein äusserst kleines helleres, übrigens immer noch sehr lichtschwaches Pünktchen (auf das die Zeichnung verzichten musste) etwa im Centrum eines solchen Zapfenfeldes zu bemerken, das dem Lichte entspricht, welches gerade durch die Spitze des Zapfenaussengliedes nach vorn gelangt. Braunes Epithelpigment ist an dem Bilde, das von gänzlich pigmentfreien Netzhäuten jeder Zeit sicher zu erhalten ist, vollkommen unbetheiligt. Da man die abwechselnd hellen und dunklen Felder hier auch in Abwesenheit der Stäbchenaussenglieder erblickt, während davon trotz vollkommener Erhaltung der eckigen Figuren nichts mehr zu sehen ist, wo man die Aussenglieder der Zapfen sammt denen der Stäbchen abgepinselt hat, so können die dunklen Felder nur auf dem optischen Verhalten der ersteren beruhen. Bekanntlich sind diese zwar nicht so stark lichtbrechend, wie die entsprechenden Theile der Stäbchen, aber von conischer Gestalt und hinreichend stärker lichtbrechend, als die sie in dem Präparate umgebende Flüssigkeit, um das Licht, das von rückwärts auf die Kegelflächen fällt, zu reflectiren und demselben den Durchgang zu wehren.

Wie mir scheint verdient dieses Verhalten in den Erörterungen über das Aussehen der Retina in situ, sei es am eröffneten Auge oder im Leben bei Betrachtung mit dem Augenspiegel, Beachtung. Wir können nicht zweifeln, dass man von vorn durch die Stäbchen hindurchblicken oder Licht wahrnehmen kann, das hinter ihnen reflectirt worden, am Epithel,

an der Chorioïdea und deren Gefässen, endlich an der Sklera. Stark pigmentirte Augen, wie die des Frosches, zeigen darum ophthalmoskopisch keine rothe Leuchtfarbe, sondern erscheinen schiefergrau, wie es von ungewöhnlich pigmentreichen aber normalen menschlichen Augen auch beschrieben wird. Ob das Gleiche für die Zapfen gilt, ist dagegen sehr fraglich und bedarf eingehender Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der menschlichen Zapfen zum Lichte, überdies unter Beachtung der grossen Unterschiede, welche die Zapfen der Fovea darbieten. Es wird zunächst zu untersuchen sein, welche Differenzen der Lichtbrechung zwischen der Substanz der Zapfenaussenglieder und dem Protoplasma der Epithelzellen herrschen, um zu erfahren, ob jene Kegel in der Weise als Lichtfänger aufzufassen seien, dass sie das einmal von vorn eingetretene Licht nicht wieder zurückkehren lassen, wie es an isolirten Froschnetzhäuten nicht zu bezweifeln ist. Trifft dies für die Netzhaut des Menschen im Leben zu, so müssen die Zapfen und zapfenreiche Netzhautstellen dunkel und die letzteren dunkler aussehen, als zapfenarme, gleichviel ob Pigment dahinter liegt oder nicht. In den vortrefflichen Abbildungen des ophthalmoskopischen Handatlas von *E. v. Jæger* finde ich auf Taf. IV., Fig. 28 in der That die Gegend der Macula eines albinotischen Auges durch einen dunkleren Schatten bezeichnet. *v. Jæger* bezieht denselben zwar auf Spuren von Pigment, aber ich finde in dem erläuternden Texte (l. c. S. 37), wo es heisst: „an dieser Stelle treten die einzelnen Pigmentpunkte deutlicher hervor, sind im Umkreise der Macula lutea weit von einander, im Bereiche des gelben Fleckens selbst aber dichter gestellt, und ertheilen hierdurch diesen Stellen eine schwach-gelbröthliche Färbung", eine Beschreibung, welche der Vertheilung der Zapfen so genau entspricht, wie man es nur wünschen kann und keine weiteren Angaben, welche dem untersuchten Auge Pigment zuzuschreiben nöthigten.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Coni unter allen Umständen vorzüglich geeignet sind, das auffallende Licht nach hinten zu lenken, denn was an der Innenfläche des Kegelmantels reflectirt wird, muss im Sinne der von *Brücke* für die Stäbchen aufgestellten Lehre über den Gang solcher Strahlen, welche nicht parallel zur Axe einfallen, hier durch die Spitze des Kegels zum Epithel gelangen. Schreiben wir dagegen den Zapfenaussengliedern gleiche Lichtbrechung mit dem Epithelprotoplasma oder mit anderen Substanzen, welche sie im Leben umgeben können, zu, so fällt ihre Bedeutung als Lichtfänger allerdings fort, aber es wird ihnen nichts gegeben, was den Uebergang des in sie gelangten Lichtes zum Epithel erschwerte und nichts geändert bezüglich ihres Aussehens, das neben den Stäbchen, wenigstens in pigmentirten Augen, immer noch dunkel sein müsste, da ihre Enden stets gegen Pigment gerichtet oder davon bedeckt sind, und niemals nach Art der längeren Stäbchen bis in den pigmentfreien Hut der Epithelzellen hinaufragen. Für die Zapfen des Menschen käme hier möglicher Weise noch der von *M. Schultze* entdeckte Faserkorb an der Kuppel des Innengliedes in Betracht, den ich an frischen Präparaten immer schon kenntlich fand; derselbe macht indess nicht den Eindruck eines die Rückkehr einfallenden Lichtes besonders fördernden Gebildes.

Wesentlich anders, als die Zapfen im Allgemeinen verhalten sich bekanntlich die der Fovea centralis: das längere schlanke Aussenglied erscheint nach den vorliegenden Beschreibungen, denen ich nach Beobachtungen frischer Objecte zustimme, zwar grösstentheils cylindrisch, am äusseren Ende jedoch eine Strecke weit deutlich verjüngt und schliesslich stumpf zugespitzt, also immerhin conisch. Leider ist über den Einsatz dieser Enden in die zugehörigen Pigmentzellen nichts bekannt und nur zu vermuthen, dass sie nach Art von Stäbchen in die Epithelzellen hinaufragen, weiter, als es die gewöhnlichen Zapfen vermögen, über

welchen die zwischengelagerten Stäbchen die Pigmentzelle ungefähr wie einen Baldachin tragen.

Erwägt man nun die Inconstanz der ophthalmoskopischen Sichtbarkeit der Fovea und, was ich für möglich halte, dass das *Horner*'sche Phänomen am eröffneten Bulbus vielleicht auch unter den vorerwähnten günstigsten Bedingungen nicht immer vorhanden ist, dass ferner noch ein die Farbe und die Vergänglichkeit des Pünktchens betreffender Widerspruch zwischen *Horner*'s und meinen Angaben besteht, so kann man kaum umhin wechselnde Zustände in der Retina im Allgemeinen und am Orte ihres centralen Grübchens anzunehmen. Es ist denkbar, dass *Horner* Blut der Chorioïdea durch die Grube schimmern sah, das sich verschob, als das kirschrothe Fleckchen schwand, und dass ich dieses nicht, aber Epithelpigment gesehen, welches sich nicht von der Stelle bewegte. Dass die Gestalt der hier in Frage kommenden Zapfen, die überdies so viel weniger ausgeprägt conisch ist, genüge, um die Stelle dunkler als die nächste mindestens ungemein zapfenreiche Umgebung hervortreten zu lassen, glaube ich deshalb nicht annehmen zu dürfen, weil die Erscheinung dann wenigstens im Augenspiegelbilde constant sein müsste und weil ein so scharfer Beobachter, wie *v. Jæger* im albinotischen Auge nichts davon bemerkte.

Zum Verständnisse dieser, wie gewiss vieler anderer mit dem Augenspiegel zu beobachtenden Einzelheiten des Netzhautchagrins scheint mir vor Allem das Verhalten des Pigmentbreies in den Epithelzellen berücksichtigenswerth, dessen Bewegungen ausserordentlich verwickelt und zum Theil so beschaffen sind, dass die Reflexion des in's Auge gelangenden Lichtes in oder hinter der Retina wesentlich davon betroffen wird.

Einen ersten Einblick in dieses Gebiet gewährt die Untersuchung frischer vom Epithel bedeckter Netzhäute des Frosches, wie man dieselben nach Belichtung ohne Umstände, aus Dunkel-

augen mehr gelegentlich erhält. Die Präparate zeigen in der Regel einen nicht ganz central gelegenen, oft halbmondförmigen, dunkelgrauen Fleck, $^1/_3$—$^2/_3$ der hinteren Bulbushälfte einnehmend, der sich vorzüglich und besser zur mikroskopischen Betrachtung eignet, als die übrigen zu stark pigmentirten Antheile der Membran. Fig. 1, 1 *A*, 1 *B* stellen das Bild dreier Einstellungen einer belichteten und gebleichten, Fig. 2 einer roth belichteten, ungebleichten Netzhaut von der Epithelfläche betrachtet dar. An den beiden letzteren, der tiefsten Einstellung entprechenden Figuren sieht man zwar alle Stäbchen durchschimmern, in Fig. 2 selbst mit solcher Deutlichkeit, dass sich das Verhältniss der grünen zu den purpurnen nach Zahl und Lage genau bestimmen lässt, aber man bemerkt doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl, deren Kuppen ganz oder theilweise vom schwarzen Pigmente bedeckt sind, sehr im Gegensatze zu dem Bilde, welches die Netzhäute von Dunkelfröschen darzubieten pflegen, wo die Kuppen fast sämmtlich pigmentfrei sind. Wird nun eine belichtete Retina mit der vorderen Fläche gegen das Deckglas gebracht, während das Licht von rückwärts durch das Epithel scheint, so erhält man das Bild von Fig. 3, nämlich die vorhin beschriebene Mosaïk der Innenglieder, worin die den Zapfen zukommenden kleineren Felder selbstverständlich ohne Ausnahme dunkel sind, aber ausserdem auch manche grössere den Stäbchen entsprechende Stücke tief schwarz, dunkelgrau oder hellgrau erscheinen, was nur aus der Umhüllung ihrer Kuppen mit Pigment erklärlich wird. Man braucht zur Gewinnung dieses Bildes und überhaupt zum Betrachten der Netzhaut von vorn sehr feine Deckgläser und Systeme mit weitem Focalabstande, da es sich darum handelt auf tief gelegene Theile der ziemlich dicken Membran einzustellen, eine Unbequemlichkeit, die sich noch vergrössert durch die Nöthigung ziemlich starker Vergrösserungen, welche die Feinheit der Mosaik erfordert. Ich habe

es darum sehr schwierig gefunden, das Bild mit dem Prisma treu zu copiren und mich mit der Fig. 3 begnügen müssen. Wer das Object selbst zur Hand nimmt, wird ausser diesem Muster noch zahlreichen anderen, häufig überraschend regelmässigen Anordnungen der schwarzen, grauen und hellen Felder begegnen. Obschon ich nicht zweifle, dass die Bedeckung der Stäbchenkuppen mit Pigment und das Wandern jener Körnchen in der entsprechenden Region des epithelialen Zellenleibes in derselben Weise regelmässig unter bestimmten Einflüssen vor sich gehen, wie dies von dem zwischen den Stäbchen auf- und absteigenden Pigmentnadeln nachgewiesen (vergl. Bd. I., S. 411—422) ist, so bin ich doch nicht in der Lage darüber weitere Angaben zu machen, als dass im Allgemeinen die Belichtung das Zudecken der Kuppen, Dunkelheit die Entblössung fördert. Im letzteren Falle scheint das die Stäbchenenden verlassende Pigment sich vorzugsweise an den Wänden des Hutes der Epithelzelzellen emporzuziehen. Da Belichtung besonders mit rothen Strahlen das Pigment in bedeutender Menge nach vorwärts zwischen die Stäbchen bis an die M. limitans ext. treibt, so dass der Zellenhut sich förmlich entleert, ist es nur um so auffälliger, dass ein Theil zur Bedeckung der Stäbchenenden dort zurückgehalten wird. Meine Versuche dem Studium dieser Vorgänge grössere Sicherheit durch die optographische Methode zu geben, sind bisher gescheitert, denn es ist mir weder beim Frosche noch bei dunkelhaarigen Kaninchen gelungen, Melanoptogramme, deren Herstellung ich gleichwohl für möglich halte, durch andauernde oder intensive Belichtung zu erzeugen.

Dass die eben genannten Vorgänge das Aussehen des Augengrundes beeinflussen, dürfte nicht bezweifelt werden und es ist daher zu erwarten, dass das Netzhautchagrin, soweit daran Stäbchen betheiligt sind, innerhalb der normalen Verhältnisse vielfachen Wandlungen unterliege. Für die Zapfen ist dagegen

nach den vorstehenden Erfahrungen eine grössere Constanz der Erscheinung wahrscheinlich, aber mit einer sehr wesentlichen die der Fovea betreffenden Einschränkung. Höchst wahrscheinlich sind die letzteren von wanderndem Pigmente umgeben, so dass die Grube das Licht bald absorbirt, bald zur Uvea und Sklera durchlässt: im ersteren Falle wird das von mir gesehene tief dunkelbraune Aussehen der Fovea constatirt werden, im anderen dort die hellere Blutfarbe zum Vorschein kommen, wenn die Pigmentirung der Uvea es zulässt.

---

Da die in sehr kurzer Zeit aufgetrockneten Netzhäute der beiden für so gut wie frisch zu haltenden Augen am Orte der Fovea augenscheinlich keine Defecte besassen, habe ich sie zur Vervollständigung der immer noch lückenhaften Beobachtungen über Fluorescenz der menschlichen Zapfen benutzt. Indem die Membranen die Rückseite nach oben wendeten, zeigten sie die Foveae umgekehrt, nach vorn hin eingesunken. So in möglichst gereinigtes Ueberviolet des Sonnenspectrums gehalten, erwiesen sich beide Netzhäute, wie es nach der stattgefundenen Belichtung zu erwarten war, stark grünlichweiss fluorescirend, am Rande beträchtlich intensiver, als in der Macula lutea und deren nächster Umgebung, in der Macula aber noch hinreichend intensiv, um die beinahe ganz dunkle Stelle im Centrum, nämlich die Fovea an dem Unvermögen zur Fluorescenz wahrnehmen zu können. Man fand diese daher im Ueberviolet ungefähr so gut auf, wie im gemeinen Lichte durch Beachtung der Delle. Vollkommen dunkel blieb die Stelle übrigens schon desshalb nicht, weil die aus glasirtem Porzellan bestehende Unterlage nicht ganz frei von Fluorescenz war. Es verdient auch Erwähnung, dass der dunkle Fleck um etwas grösser erschien, als der Grund der Grube und im Durchmesser ungefähr dem Kreise entsprach, welcher fast farblos gegen das umgebende Gelb der Macula hervortrat. Hier-

nach wird kaum mehr bezweifelt werden, dass die Zapfen der menschlichen Netzhaut der Fluorescenz entbehren, was ihrem Mangel an Sehpurpur und dem Ausbleiben der daraus durch Belichtung entstehenden, vorzugsweise kräftig fluorescirenden Stoffe (Sehweiss) zuzuschreiben sein dürfte.

---

Um das Material möglichst vollkommen auszunützen, habe ich den an diesen Netzhäuten besonders intensiv gefärbten gelben Fleck noch auf Lichtempfindlichkeit geprüft. Ich bedeckte das getrocknete Präparat locker mit einem grossen Deckglase und fixirte dieses mit zwei schmalen Banden schwarzen Papiers, indem ich die letzteren auf das Glas und die Porzellanplatte klebte. Eine der Banden beschattete dabei etwa die Hälfte der Macula lutea. Zum Zwecke längerer Belichtung wurde das Präparat in eine grosse niedere Porzellanschaale mit ebenem Boden gelegt, welche ich durch Einsetzen in ein Zinkgefäss mit fliessendem Wasser kühl zu halten suchte, und mit einem berandeten, wasserdicht übergreifenden, fortwährend von kaltem Wasser überrieselten Glasdeckel versah. Während des sehr schlechten Wetters vom 3. bis zum 8. Juli war an der Netzhaut kaum eine Veränderung zu bemerken, nachdem aber am letzteren Tage die Sonne ungewöhnlich günstig geschienen, fand ich nach dem Abheben des Deckglases und der Streifen nur die dunkel gehaltene Hälfte der Macula noch kenntlich und der Belichtungsgrenze entsprechend scharf abgeschnitten. Der gelbe Farbstoff der Macula ist also auch empfindlich gegen Licht und wird durch dasselbe gebleicht. Ausserdem wurde noch eine andere merkwürdige Erscheinung beobachtet: die mit Blut mässig gefüllten Gefässe waren an den belichteten Stellen merklich dunkler und grünlicher, als an den dunkel gehaltenen. Ich habe mich durch besondere Versuche überzeugt, dass das Licht auf den Gang der Hämoglobinzersetzung in rasch getrocknetem Blute von wesentlichem Ein-

flusse ist. Zieht man nämlich mit einem in frisches Blut getauchten Pinsel blasse Streifen auf eine Porzellanfläche und exponirt man das Plättchen, nachdem die Farbe schnell getrocknet, in derselben Weise, wie es eben von der Retina berichtet worden, so findet man die während einiger Zeit gründlich besonnten Stellen scharf von den beschatteten geschieden, die ersteren grünlich, die letzteren röthlich.

Endlich wurde die zweite noch disponible Retina zur Untersuchung des Verhaltens ihres an einigen Stellen in genügender Menge vorhandenen braunen Epithelpigmentes gegen Licht (vergl. unten) verwendet. Ebenso zugerichtet, wie die andere und vom 10. bis 19. Juli dem oft unterbrochenen Sonnenlichte ausgesetzt, zeigt sie noch heute an einigen Stellen zwei der Beschattung entsprechende, scharf berandete, hell chamoisbräunliche Streifen auf blass strohgelbem Grunde zum Beweise, dass auch die dunklen Pigmentkörnchen des Retinaepithels vom Lichte gebleicht werden.

Beide Netzhäute finde ich nach längerem Aufbewahren im trockenen Zustande über die ganze Fläche gelblicher, als anfänglich. Es bleibt zu untersuchen, ob dies ebenfalls eine Wirkung des Lichtes ist [1]).

## II. Bemerkungen über die Farbstoffe der Vogelretina.

Die Bd I. S. 355 ausgesprochene Vermuthung, dass die drei von mir unterschiedenen Farbstoffe der Vogelretina in den bunten Oeltropfen der Zapfen nicht rein, sondern mehr oder minder mit

---

[1]) *Nobili* (Compt. rend. XIV. S. 823, Pogg. Ann. 56. S. 574) erklärte die menschliche Retina für gelb und suchte daraus die intensivere Wirkung der gelben Strahlen auf unser Auge zu erklären. Die Macula lutea sollte nach ihm nur deshalb zum Vorschein kommen, weil die Netzhaut dort am dicksten sei: falte man Stücke der Netzhautperipherie, so sehe auch diese deutlich gelb aus. Da eine gründlich gebleichte Netzhaut durch Falten nicht nennenswerth gelb wird, dürfte *Nobili* der Erste gewesen sein, der eine Andeutung des Sehgelb bemerkte.

einander gemischt vorkommen, glaube ich ausser durch die früher erwähnten Beobachtungen *Schwalbe's* noch durch einige gelegentlich erworbene Erfahrungen befestigen zu können.

Die Farbkugeln sind nämlich 1) wie bekannt, nicht bei allen Vögeln von völlig gleichem Aussehen, 2) nicht unter allen Umständen in derselben Retina gleich beschaffen und 3) in verschiedenen Theilen der Netzhaut etwas verschieden; alle Unterschiede sind aber der Art, dass sie nur auf Aenderungen in der Mischung dreier überall identischer Farbstoffe weisen.

Beim Huhn sind die Farben der einzelnen Kugeln um so reiner, je länger die Thiere im Dunkeln gehalten wurden: an Stelle der rubinrothen Kugeln fand ich solche von derselben ausgeprägten Purpurfarbe, wie sie das isolirte Rhodophan zeigt, die gelbgrünen Kugeln beträchtlich grünlicher, als gewöhnlich, ähnlich dem gut gereinigten Chlorophan; die orangefarbenen Kugeln zeigten sich dagegen nach 10—12tägigem Dunkelaufenthalte nicht geändert. Bei der Taube werden unter den gleichen Bedingungen ähnliche Differenzen beobachtet, obschon die Purpurfarbe namentlich in der tiefer gerötheten Stelle weit weniger zur Geltung kommt. Dagegen werden die gelbgrünen Kugeln, wie beim Huhne, bedeutend grünlicher. Dasselbe gilt auch für im Lichte gehaltene Thiere hinsichtlich des vorderen Theiles der Netzhaut, welcher wegen der von vorn nach hinten abgeflachten Gestalt des Bulbus dem Lichte wenig zugänglich ist. Nach hinten und nach dem Pecten zu scheinen die Chlorophankugeln immer reicher an Xanthophan zu werden.

Am meisten grünlich fand ich die Chlorophankugeln in der Netzhaut eines Papageies (Chrysotis Levaillanti?), etwas mehr zum Gelb neigend, jedoch erheblich grüner, als bei Taube und Huhn, bei einem jungen Thurmfalken. An der Netzhaut des letzteren bemerkte ich auch eine eigenthümliche Anordnung der verschiedenen Farbkugeln, die bei andern Vögeln zwar angedeutet,

aber viel weniger auffallend ist. Namentlich im centralen Theile der Retina findet sich dicht neben jeder rubinrothen Kugel eine kleinere, orangegefärbte, und nirgends eine dieser vereinzelt. Zwischen diesen Paaren liegen in grösserer Zahl die gelbgrünen und farblosen. An einer Stelle der Netzhaut, wo das Pigmentepithel in regelmässiger Anordnung erhalten geblieben, war das Bild noch auffallender, indem jedes roth-orange Paar dicht mit Pigment umhüllt erschien, während weite helle Höfe in der Pigmentzelle die mit gelbgrünen Kugeln versehenen Zapfen umgaben.

Wenn die rubinrothen Kugeln nach längerem Dunkelaufenthalte purpurn, die gelblichen grüner werden, so konnte man schliessen, dass das Licht das purpurne Rhodophon in Xanthophan, dieses in Chlorophan verwandele, dass also die beiden letzteren Pigmente die Reihe der Bleichungsproducte des ersteren darstellten. Ich fand indess für diese Auffassung keine thatsächlichen Anhaltspunkte, denn die Lösung des Rhodophans in Benzol wurde nach vieltägiger Belichtung einfach gebleicht ohne Aenderung der Nuance, so dass sie auch im letzten Stadium noch blassrosa aussah. Die Xanthophanlösung in Aether wurde unter denselben Verhältnissen allerdings der Auflösung des Chlorophans in Aether oder in Petroläther ähnlicher, aber die Differenzen dieser beiden Farben verwischen sich überhaupt bei starker und gleichmässiger Verdünnung sehr. Dass die Xanthophankugeln bei dunkel und hell gehaltenen Vögeln keine Differenzen zeigen (auch ihre Zahl scheint sich nicht zu ändern), widerspricht endlich jener Annahme am meisten.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit der die Zapfenkugeln färbenden Stoffe sein mag, so verdient sie schon wegen des Vorkommens dieser Pigmente im Sinnesepithel Interesse. Ich habe daher versucht, die Bleichung in monochromatischem Lichte zu verfolgen, und zu dem Zwecke höchst verdünnte Lösungen der drei von einander getrennten Farbstoffe in Reihen dünnwandiger

Röhrchen einem guten Sonnenspectrum ausgesetzt. Mit Hülfe eines vortrefflich arbeitenden Heliostatenuhrwerkes habe ich viele Stunden lang an mehreren aufeinanderfolgenden guten Sonnentagen Licht gleicher Brechbarkeit auf den einzelnen Röhrchen zu erhalten vermocht, aber es ist mir nur beim Chlorophan geglückt, ganz geringes Abblassen im mittleren Theile des Spectrums zu erzielen. Nicht besser war der Erfolg an Flecken, die ich mit den Lösungen auf Papier hergestellt hatte. Ich musste mich desshalb an die schlechtere Methode, das Licht durch Absorption zu sondern, halten, und habe darauf immer je drei der Röhrchen unter rothen, grünen und blauen Gläsern continuirlich dem Tageslichte ausgesetzt, wobei ich die Erwärmung durch die oft erwähnten Berieselungsvorrichtungen auszuschliessen bestrebt war. Nur unter blauer Bedeckung hatten diese Versuche, freilich nach mehr als 8-tägiger Besonnung Erfolg und zwar den, dass gerade, wie am unzerlegten Lichte zuerst das Chlorophan, dann das Xanthophan, am spätesten das Rhodophan erblich. Ebenso war die Reihefolge unter einer Schicht von Kupferoxydammoniak, wo der Versuch indess bis über die zweite Woche hinaus fortgesetzt werden musste. Sicherlich sind dies keine Erfahrungen, welche den drei Farbstoffen dasselbe Verhalten, wie dem Sehpurpur und dem Sehgelb, welche letzteren von demjenigen Lichte, das sie am kräftigsten absorbiren, auch am schnellsten afficirt werden, zuzuschreiben gestatten.

Obschon die Zapfenkugeln in jeder beliebigen, dem Lichte ausgesetzten Vogelretina intensiv gefärbt gefunden werden und selbst ein längerer Aufenthalt der lebenden Thiere in blendendem Lichte daran nichts ändert, habe ich nicht versäumen wollen, den Erfolg ungewöhnlicher Blendung am Lebenden zu untersuchen. Ich nahm desshalb Tauben durch einen Lanzenschnitt die Cornea fort, öffnete die Linsenkapsel, entfernte die Linse und legte einen für den Zweck in entsprechender Grösse con-

struirten Lidhalter in die Pupille, so dass dieselbe ein weites viereckiges Loch darstellte. Vor der Operation ist es bequem, das dritte Lid wegzuschneiden und das Auge durch einen ebenfalls besonders angefertigten Lidhalter frei zu legen. Bei richtiger Ausführung ist das ganze Verfahren unblutig [1]). In die jetzt nicht mehr zu verengende Pupille liess ich Sonnenlicht fallen, und um dies länger durchführen zu können, benutzte ich den Heliostaten, während das Thier natürlich gut fixirt war. Ausserdem fand ich es nöthig das vom Spiegel kommende Licht mit einer grösseren Linse auf dem Auge zu concentriren. Um keine ungebührliche Erhitzung aufkommen zu lassen waren einige Einstellungsproben zu machen, nach welchen ich es übrigens leicht dahin brachte, dass ein in der Pupille fixirtes kleines Thermometer trotz der blendenden Beleuchtung nicht über 40° C. anzeigte. Ich habe mit dem nicht ohne Widerstreben auszuführenden Versuche noch andere Zwecke verfolgt (vergl. unten), als die hier erörterten, und berühre jezt nur das die Zapfenkugeln betreffende Ergebniss.

Es gelingt durch mehrstündige übermässige Blendung nicht, irgend welches Abblassen an den Farben der Zapfenkugeln zu erzeugen, und wenn überhaupt eine Veränderung an denselben bemerkt werden kann, so besteht sie in einer Verstärkung der Farbe. Nach einigen Wiederholungen des Experimentes halte ich mich von dem letzteren hinsichtlich der Chlorophankugeln überzeugt, denn ich habe diese niemals, und besonders nicht im ungeblendeten andern Auge von solcher Grösse und Farbensättigung gesehen, wie nach 2 der beschriebenen Blendungen. In einem dieser Fälle waren ausserdem die Innenglieder der entsprechenden Zapfen, in der Art wie es sonst nur an den Rhodo-

[1]) Auf jede Berührung der Cornea bemerkte ich zuckende starke Pupillenverengung.

phanzapfen des rothen Fleckes bekannt ist, mit gelbgrünen Körnchen gefüllt. Dem entspricht auch das makroskopische Aussehen dieser Netzhäute, das ausserhalb des rothen Fleckes gesättigter in der Farbe und grünlicher ist, als gewöhnlich. Zeigt die herausgenommene Membran sich heller als sonst, was auch vorkommt, so liegt es daran, dass die Zapfen in grosser Zahl abreissen und im Augengrunde zurückbleiben; man findet diese dann nach dem Ausschaben des Epithels und entdeckt die entsprechenden Defecte an den helleren Netzhautstellen ohne Mühe mikroskopisch.

Ohne behaupten zu wollen, dass das Licht für die Entstehung der fraglichen Farbstoffe unbedingt erforderlich sei, was schon durch *M. Schultze*'s Beobachtungen über die Entstehung derselben vor dem Ausschlüpfen des Hühnchens aus dem Ei unwahrscheinlich wird, glaube ich eine Betheiligung des Lichtes an dem Processe unter Umständen doch nicht ausschliessen zu können.

Mit der weiteren Verfolgung dieser Frage beschäftigt, wünsche ich gegenwärtig mehr die andere Seite des Ergebnisses zu betonen, welche jedenfalls die Unmöglichkeit beweist, im lebenden Vogelauge Bleichung der Zapfenkugeln zu erzielen. Um so auffallender war es mir daher, nachträglich Differenzen im Verhalten der Farben des geblendeten und des andern Auges gegen Licht wahrzunehmen. Es waren von jeder Netzhaut 4 Stückchen auf Milchglas angetrocknet, und zwar auf je eine Platte eins vom rothen Flecke und eins aus den helleren, jedoch möglichst central entnommenen Theilen. Da die Vogelnetzhaut nach dem Trocknen weit gesättigtere und gleichmässige Orangefärbung annimmt, so dass selbst der rothe Fleck nur an einem etwas tieferen Orange kenntlich bleibt, so schwanden jetzt die von den feuchten Membranen genannten Unterschiede und dies blieb so auf 2 im Dunkeln aufbewahrten Plättchen. Als ich aber die beiden andern mit je 2 Präparaten vom Dunkel- und Hellauge

belegten 2 Tage gründlich besonnt hatte, waren die des Ersteren kaum verändert, die des Letzteren stark gebleicht, das vom rothen Flecke entnommene hell orange, das andere fast farblos.

Mein Vorhaben, die Farbstoffe der Vogelretina in grösserer Menge zu gewinnen, wurde durch einen Umstand vereitelt, den ich anderen Untersuchern nicht vorenthalten möchte. Als ich fast 600 Augen von Tauben und Hühnern innerhalb 3 Monaten gesammelt und jedesmal frisch zugerichtet in Alkohol gelegt hatte, bemühte ich mich 4 Monate später vergeblich, die Farbstoffe daraus zu gewinnen. Der Alkohol hinterliess verdunstet eine gelblichbraune Masse, die Aether nur blass gelb färbte, und der Aether nahm aus den mit völlig hinreichenden Mengen Alkohol gut conservirten Augen nur wenig gelbliches Pigment auf. Da die rückständigen Netzhäute noch gelblich aussahen, habe ich sie mit Alkohol ausgekocht, aber weder dies noch Extraktion mit Chloroform, Benzol oder $CS_2$ führte zum Ziele. In der Meinung, dass die Pigmente an irgend etwas fixirt worden, behandelte ich Proben mit Säuren, mit Alkalien, auch unter Mitwirkung von Alkohol oder Aether, ohne farbige Extracte erzielen zu können, endlich den ganzen Rest mit Trypsin, um die Albumine zu lösen. Weder die Verdauungslösung noch der Rückstand gaben an Aether etwas Gefärbtes ab. Das gelbe Fett, welches die erste Aetherextraktion hinterlassen, verhielt sich auch beim Verseifen anders, als das der schnell verarbeiteten Augen, insofern beim Zugeben der Natronlauge zur heissen alkoholischen Lösung eine tief braunrothe Färbung auftrat. Da sämmtliche Präparate nur im Dunkeln gestanden hatten, so kann die allmähliche Zerstörung der Pigmente nicht mit dem Lichte zusammenhängen. Am Chlorophan und Xanthophan, das erstere in Petroläther, letzteres in Aether gelöst und nur mit etwas Seife verunreinigt, habe ich dieselbe unangenehme Erfahrung gemacht, dass die Farben (nach 5—6 Monaten) auch im Dunkeln

vergehen. Die Lösungen des Rhodophans in Benzol, welche ich heute noch besitze, sind dagegen unverändert. Im Ozonstrome werden die 3 Farbstoffe entfärbt, das Xanthophan am leichtesten, das Chlorophan zuletzt.

## III. Vom braunen Pigmente des Auges.

Im 2. Hefte des I. Bandes von *Foster*'s Journal of Physiology habe ich kurz mitgetheilt, dass es mir gelungen sei, an dem bisher wohl allgemein für sehr stabil gehaltenen dunklen Pigmente des Retinaepithels Lichtempfindlichkeit nachzuweisen. Es war dies möglich gewesen besonders an Stückchen epithelhaltiger Vogelnetzhaut, welche ich einige Wochen mit einer thymolisirten Lösung von 1/2 pCt. Soda benetzt am Lichte aufbewahrt hatte. Die ziemlich langen feinen Nadeln des Farbstoffs waren erst gelb, dann farblos geworden und im letzteren Zustande, ohne Aenderung der Gestalt aufzuweisen, in der bekannten Weise angeordnet in den wenig gequollenen Epithelzellen sichtbar geblieben; im Dunkeln blieb die Umwandlung aus.

In der Fortsetzung dieser Beobachtungen war ich vor Allem bemüht, mit reinerem Materiale zu arbeiten. Man verschafft sich dasselbe, indem man mit dem Epithel ausgeschlüpfte Froschnetzhäute frisch in Galle von 5 pCt. löst, filtrirt, die durchgehende Tinte absetzen lässt, abpipettirt, den Bodensatz wiederholt mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether wäscht. Wird ausser der ersten unumgänglichen, jede weitere Filtration vermieden, so ist der Verlust am geringsten und man erhält das Pigment sehr rein in Gestalt eines Satzes oder Anfluges. Anfänglich habe ich es vor der Aetherbehandlung noch mit verdünnter Soda gewaschen und der Trypsinverdauung, der es widersteht, unterworfen, doch halte ich dies nicht mehr für nöthig, weil den in der Galle suspendirten, durch das Filter gehenden Pigmenttheilchen niemals erkennbare ungelöste Stoffe beigemischt waren. Die des

Epithels beraubten Augengründe habe ich zur Gewinnung des chorioïdalen Pigmentes verwerthet, indem ich die schwarzen Membranen aus der Sklera herauspflückte und so lange mit Galle, später mit Wasser schüttelte, bis die Flüssigkeit nicht mehr von dunklen Körnchen getrübt wurde. Das Verfahren bedingt zwar bedeutenden Verlust, schützt aber vor jeder Verunreinigung mit Epithelpigment, das im Augengrunde nach dem Fortnehmen der Netzhaut zurückgeblieben sein könnte. Um die dunklen Körnchen aus dem Chorioïdalgewebe zu befreien, habe ich die schwarzen Flocken nach einmaligem Aufkochen in Wasser der Trypsinverdauung unterworfen, das Unverdaute mit verdünnter Soda, mit Wasser, äusserst schwacher Essigsäure, nochmals mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether gewaschen, Alles mit Umgehung des Filters nur durch Absetzen, Decantiren und Bearbeitung mit capillaren Pipetten. Was ich so als Rückstand erhielt, stellte eine nur aus amorphen dunklen Körnchen bestehende Masse dar, zwischen welchen mikroskopisch nichts Anderes zu erkennen war. Im Gegensatze zum Epithelpigmente sah dieselbe schwärzer, weniger braun aus, doch ist es mir fraglich, ob chemische Verschiedenheiten die Ursache davon seien, obwohl ich bestätigen muss, dass nur das Epithelpigment krystallinische Bildungen aufweist, aus welchen dieses wieder übrigens nicht ausschliesslich besteht. Im menschlichen Auge entspricht bekanntlich die Farbe sowohl des Epithels, als der Chorioïdea immer gleichmässig dem blonden oder brünetten Habitus.

Da die Experimente, welche ich vorhatte, sämmtlich auf längere Expositionszeit angelegt waren und der diesjährige Sommer durchaus keine Abkürzung der Belichtung versprach, wurden von vornherein Präparate der verschiedensten Art, in grosser Zahl, paarweise zum Verweilen im Hellen und Dunkeln hergerichtet. Eine Serie derselben unterschied sich nicht von gewöhnlichen, gut verschlossenen mikroskopischen Objecten und

es dienten sowohl Asphalt, wie sog. Würzburger weisser Kitt zum Verschlusse. Die möglichst ohne Luftblasen eingeschlossenen Zusatzflüssigkeiten bestanden aus Wasser oder Kochsalz, Soda, Pottasche von $^1/_2$ pCt. Die 2. Serie bestand aus Milchglastäfelchen oder Stückchen Aquarellpapier, auf welche das Pigment in Bändern von verschiedener Dunkelheit mit dem Pinsel aufgemalt worden; dieselben wurden mit Streifen von rothem, farblosem und berusstem Glase oder nach lockerer Bedeckung der ganzen Fläche mit einem dünnen Glase, mit aufgeklebten Streifen schwarzen Papiers stellenweise gedeckt.

Das mit dieser 2. Serie erzielte Resultat war alsbald unzweifelhaft: die gemalten Streifen wurden hellbraun, gelb, zuletzt farblos, soweit das weisse Licht sie beschienen hatte, während die schwarz bedeckten Antheile nach Verlauf des ganzen Sommers noch völlig unverändert sind. Täfelchen, welche in der früher erwähnten Kühlvorrichtung belichtet worden, zeigen im Vergleiche zu anderen, von der Sonne zugleich erwärmten, keine Unterschiede, obschon die Behandlung noch die zweite Ungleichheit einschloss, dass die ersteren sich in ziemlich feuchter Atmosphäre, die letzteren unter Glocken mit $SH_2O_4$ befanden. Auf Papier gemaltes Pigment widerstand dem Lichte länger, blich aber endlich auch vollkommen aus. Hinsichtlich der erforderlichen Lichtintensität kann nur angegeben werden, dass die dunkelsten Streifen Wochen und Monate bedürfen, hellgraue je nach dem Wetter 14 Tage bis 2 Tage. An einigen seltenen guten Tagen wurde die Wirkung auf den am zartesten gemalten Streifen schon nach 4—5 Stunden von Personen bezeichnet, die nicht wussten, wo die Bedeckung sich befunden hatte; ich kann mir darum denken, dass Jemand, der solche Versuche unter günstigeren Breiten, vielleicht noch in der reinen Atmosphäre beträchtlicher Höhen anzustellen das Glück hätte, diesem Pigmente recht erhebliche Lichtempfindlichkeit zuschreiben würde. Was unter rothem

Glase gelegen hatte, zeigte sich nicht ganz unverändert, wenigstens ist an einem während des ganzen Sommers exponirten Plättchen, wo die rothe und schwarze Decke sich ohne jeden Zwischenraum berührten, indem ein zur Hälfte stark berusstes tiefrothes Glas übergelegt worden, die Grenze sehr deutlich und Was roth belichtet worden in ganzer Ausdehnung entschieden gelbbräunlich gegen die andere Hälfte der Fläche. Abwechselnd mit Chorioïdal- und Epithelpigment gemalte Bänder, paarweise in gleicher Sättigung gehalten, zeigten in keinem Stadium der Belichtung Unterschiede.

Zu meiner Ueberraschung hielt die Ausbleichung in der Serie der feuchten Präparate mit der eben erwähnten nicht gleichen Schritt, ja es zeigte sich nur an einzelnen alkalischen Präparaten Uebergang der Körnchenfarbe zu Gelb oder stärkeres Abblassen. Ich schob dies anfänglich auf Unsicherheiten der Beobachtung, denn es ist in der That kaum möglich, sich zu vergewissern, ob von so kleinen Theilchen, wie sie dieser Brei in dünner Lage enthielt, einzelne braun, gelb oder farblos seien, aber wenn ich mir etwas dichtere Stellen ansah, die jedenfalls keine stärkere Pigmentschicht darstellten, als die einigermassen dunkel gemalten Streifen der andern Serie und sie in den meisten Fällen nach derselben Belichtungszeit, welche jene ganz zu entfärben genügt hatte, noch braun fand, so musste ich mir sagen, dass irgend welche ausser dem Lichte zur Bleichung miterforderliche Bedingungen gefehlt hatten. Einige Versuche ergaben alsbald, dass es sich dabei um den atmosphärischen Sauerstoff handelt, ohne welchen (im luftleeren Raume oder in $CO_2$) das Pigment in der That vollkommen lichtbeständig ist. Dr. *K. Mays*, der die weitere Bearbeitung dieser Angelegenheit übernommen hat, wird darüber demnächst genauere Mittheilungen geben können.

Sobald bei einem physiologische Beziehungen einschliessenden,

chemischen Vorgange Oxydation in Frage kommt, liegt es nahe, den ausserhalb des Organismus zu constatirenden Verlauf nur für das schwache Abbild des innerhalb der Lebensverhältnisse stattfindenden Processes zu nehmen. Zahlreiche Fälle beweisen, wie weit wir davon entfernt sind, mehrere oxydative Lebensvorgänge, an deren Existenz nicht zu zweifeln ist, künstlich mit den Mitteln des Organismus in gleichem Grade oder überhaupt nachzuahmen. Man durfte daher der beobachteten Lichtempfindlichkeit des Epithelpigments für das unter dem gleichzeitigen Einflusse bewegter und athmender Säfte sehende Auge grössere Bedeutung zutrauen, als die Geringfügigkeit des Vorganges anfänglich vermuthen liess. In dieser Ueberlegung untersuchte ich durch maximale Belichtung geblendete Augen verschiedener Thiere, des Kaninchens, der Taube und des Frosches. Das schon erwähnte Verfahren war überall das nämliche: es wurde die Pupille nach Entfernung der Cornea und der Linse durch Sperrdräthe (Lidhalter), die auch dem Froschauge passend leicht herzustellen sind, weit geöffnet und mit Heliostat und Linse 2—6 Stunden so intensiv beleuchtet, als es ohne gefahrvolle Erwärmung möglich war. Frösche wurden dabei überrieselt und entweder mit Curare gelähmt, oder zur Vermeidung des für das Auge besonders zu beachtenden Oedems, gefesselt. Während der Blendung der Tauben und Kaninchen empfing ich den Eindruck, als ob eine beträchtliche Absonderung im Auge bestehe; auch war es niemals nöthig, für Verdunstung Ersatz zu leisten. Von der Retina wurde der maximal beleuchtete Antheil gesondert erhalten, indem ich das Centrum des Augengrundes mit dem Locheisen vollständig ausbohrte und das entsprechende Netzhautstück sammt dem Epithel später von der Uvea abhob. Zum Vergleiche dienten sowohl periphere vordere Netzhautabschnitte, wie Präparate aus dem andern Auge.

Das die Farbkugeln der Vogelretina betreffende Resultat

dieser Versuche wurde bereits berichtet; Aehnliches ist über die gelben Fettkugeln des retinalen Epithels vom Frosche zu bemerken, die ich zu meiner Ueberraschung grade an der am meisten geblendeten Stelle von äusserst gesättigter Färbung und nur in dem schwächer beleuchteten Umkreise vielfach bis zur Farblosigkeit gebleicht fand. Ich vermuthe die Ursache dieses sonderbaren Verhaltens in dem Umstande, dass das braune Pigment um so vollständiger die hinteren Stäbchenkuppen deckt, je intensiver die Beleuchtung ist und jene farbigen Kugeln vor weiterer Belichtung schützt. Zum Beweise, dass das Froschauge wesentliche Lebenseigenschaften bei dem Versuche nicht einbüsst, kann ich anführen, dass sich der Sehpurpur in einem 4 Stunden auf die erwähnte Weise geblendeten Auge nach ebenso langem Dunkelaufenthalte regenerirt fand.

Ob und in welcher Weise das braune Pigment Aenderungen erlitten, ist schwer zu sagen; ich bin der Meinung, dass eine solche aus gewissen Ansichten der Präparate, die ich beschreiben will, hervorgehe. Ein blasseres oder gelblicheres Ansehen der Epithelflächen im Ganzen ist zunächst gänzlich ausgeschlossen, ich habe es niemals gesehen. Dagegen verdienen einige Eigenthümlichkeiten der einzelnen Pigmentzellen Beachtung. Beim Frosche vermehrt sich erstens die Zahl der früher (Bd. I S. 287) beschriebenen farblosen Klümpchen bisweilen in erstaunlichem Grade, so dass die Epithelien von hinten betrachtet, dieselben in dem nicht pigmentirten Hute dicht zusammen gepackt und bis an den gelben Tropfen gedrängt zeigen; viele Zellen besitzen eine der Chorioidea zugewendete Zone, welche kaum etwas Anderes enthält. Ausserdem und mehr nach vorn zeigt der Zellenleib einen streifigen Inhalt, sieht struppig, wie aus wirr zusammengelegten, glänzenden, länglichen Stückchen bestehend, aus. Dieselbe Erscheinung findet sich im Epithel des Kaninchens und der Taube, denen die farblosen Klümpchen fehlen und ist bei der letzteren

am auffälligsten. Löst man das Epithel in Galle von 5 pCt. auf, so stiebt das Pigment auseinander, das Sehfeld bedeckt sich mit zerstreuten Kernen und die Klümpchen des Froschpräparates gehen in Lösung. Zu dieser Zeit fällt es auf, dass Bruchstücke der Zellenleiber, die dem struppigen Antheile entsprechen, entweder für sich oder an einem Kerne haftend, noch umhertreiben und erst später zu Körnchenhaufen zerfallen. In dem entstandenen Pigmentbrei braune und farblose oder gelbliche Körnchen und Stückchen zu unterscheiden, fand ich unmöglich, aber Alles, was ich gesehen, drängt mir die Ueberzeugung auf, dass der zwischen der vorderen Pigmentlage und dem Kerne befindliche Theil der Epithelzelle kleine, kantige, gebleichtem Pigmente entsprechende Theilchen enthalte. Wer das retinale Epithel dunkel gehaltener Thiere sorgfältig untersucht hat, kennt zwar auch an diesem eine gewisse streifige Zeichnung, die dem pigmentarmen Antheile des Protoplasma oft eigenthümlich ist, ich muss mich aber grade, weil mir dieselbe bekannt ist um so bestimmter darüber aussprechen, dass die Zellen der geblendeten Netzhaut eine besondere Art streifigen Inhaltes darbieten. In den nach vorn gerichteten Fortsätzen der Pigmentzellen habe ich bisher vergeblich nach ausgeblichenen Pigmentnadeln gesucht und bin darin auch bei der Taube, wo mir der Anblick nach den Erfahrungen an ausserhalb des Organismus besonnten Objecten bekannt war, nicht glücklicher gewesen. Weitere Beobachtungen über die Frage nach der epithelialen Pigmentbleiche, im Leben mit dem beschriebenen Verfahren durchgeführt, dürften bessere Erfolge geben, wenn man Thiere fände mit ähnlich hellem Epithelpigmente, wie dem hochblonder menschlicher Augen, denn dieses fand ich im isolirten Zustande noch lichtempfindlicher, als innerhalb der getrockneten Netzhaut, (vergl. oben S. 105) ja von allem bis jetzt untersuchten Epithelpigment weitaus am schnellsten bleichend im Lichte.

## Schlusserörterungen.

Seit unserer Bekanntschaft mit der directen Wirkung des Lichtes auf den Sehpurpur steht nunmehr eine ganze Reihe durch Licht nachweislich veränderlicher Retinabestandtheile und eine grössere Anzahl photochemischer Processe zur Verfügung, deren Bedeutung für das Sehen nicht abzuweisen ist. Als ich dem Farbstoffe der Stäbchen den Namen Sehpurpur gab, schloss ich die Hypothese daran, dass der Körper die Function habe, im Leben vom Lichte zersetzt zu werden und Producte zu liefern, welche als chemische Reize auf die Sehzellen wirken. Da Hypothesen das Mittel sind, mit dem man weiter arbeitet und keine einzige Thatsache bekannt ist, welche die eben genannte widerlegt, so finde ich um so weniger Grund, sie zu verlassen, als von anderer Seite bereits dem auch von mir empfundenen und ausgesprochenen Bedürfnisse nach Bearbeitung der Frage von einem entgegengesetzten Standpunkte genügt wird. Wenn es mir vergönnt war, thatsächlich zu erweisen, dass es ein Sehen ohne Sehpurpur gibt, indem ich die Abwesenheit des Purpurs in allen Zapfen und in den Stäbchen einzelner Thiere sowohl, wie das Sehen mit ausgeblichener Netzhaut darzuthun vermochte, so habe ich damit keineswegs Anlass gegeben, mir die Meinung zuzuschreiben, dass der Purpur die ihm von der Hypothese zugeschriebene Bedeutung nicht haben könne und noch weniger, dass er mit dem Sehen überhaupt nichts zu thun habe.

Die photochemische Hypothese des Sehens fordert zweierlei: erstens durch Licht zersetzliche Körper und zweitens durch die Zersetzungsproducte erregbare Apparate. Die ersteren sind im Sehpurpur und anderen, von *Exner* sehr zweckmässig als Sehstoffen bezeichneten Körpern gefunden, die letzteren werden in den Sehzellen vorausgesetzt. Nichts ist natürlicher, als dem Purpur in hervorragender Weise die Bedeutung eines Sehstoffes zuzuschreiben, da er unter allen bekannten Körpern, die wir

dafür halten können, allein den hohen Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt, dessen die Geschwindigkeit des Sehactes und die Empfindlichkeit des Auges gegen geringe Lichtintensitäten zu bedürfen schien. Ich bin daher der Ansicht sehr zugethan, dass das Stäbchensehen ausgeruhter oder von mässigem Lichte getroffener Augen vorwiegend auf dem Vergehen und Entstehen des Purpurs beruht. Weiter hat man zu fragen, ob das Stäbchensehen noch fortbesteht, nachdem der Purpur verschwunden ist? Darüber kann ohne Weiteres weder das menschliche noch ein thierisches, ausserdem mit Zapfen und mit Zapfensehen begabtes Auge entscheiden. Indess wurde die Frage zu verneinen gesucht, weil nächtliche Thiere, deren Zapfensehen man Grund hatte für schwach entwickelt zu halten, unter solchen Bedingungen, unter welchen der Sehpurpur schneller bleicht, als er wieder hergestellt werden kann, schlecht oder nicht sehen. Welche Aufklärung immer uns über das Sehen der Nachtthiere bevorstehen möge, so muss ich es für höchst wahrscheinlich halten, dass der Verlust des Sehpurpurs das Stäbchensehen noch nicht aufhebt, und dass im Stäbchenapparate allein schon mehrere Sehstoffe enthalten seien. Hierüber würde das Verhalten solcher Thiere, welche nur Stäbchen besitzen, entscheiden, nachdem sie den Purpur verloren haben. Wie es scheint, eignet sich dazu das Kaninchen. Es ist zwar in der mikroskopischen Anatomie Gegenstand der Controverse, ob das Kaninchenauge Zapfen besitze, und ich selbst habe mich darüber bis jetzt nicht bestimmt zu entscheiden vermocht, aber ausser Zweifel ist es, dass etwa vorhandene Zapfen in ungewöhnlichem Grade gegen die Stäbchen zurücktreten müssen. Die Kaninchennetzhaut erscheint in der Aufsicht von rückwärts so homogen rosig, und es ist bei mikroskopischer Betrachtung gut ausgebreiteter Präparate so unmöglich, irgendwo farblose Unterbrechungen in dem gleichmässig rosenfarbenen Stäbchenmuster zu finden, deren man an sicher

zapfenhaltigen Netzhäuten immer leicht ansichtig wird, dass ich dieses Auge in der Frage für entscheidend halten möchte.

Ob Kaninchen sehen oder nicht, ist leicht festzustellen: mit vernähten Lidern oder verbundenen Augen sind sie so ungeschickt, dass man sie auch ohne Beachtung der Schutzmittel am Kopfe von andern unterscheiden würde. Etwas normaler benehmen sich einige Tage nach der Operation die nach *Holmgren's* Methode der intracraniellen Opticusdurchschneidung erblindeten, doch erkennt man auch deren Blindheit ohne Mühe: sie rennen gejagt mit Vehemenz gegen eine Mauer, stürzen im Laufe in einen senkrecht abfallenden Schacht, und wenn man sie auf ein Brett von mässigem Umfange setzt, das auf einem hohen Pfosten befestigt ist, so fallen sie gelegentlich, ohne Sprung, wie ein Sack herunter, was Alles sehenden Kaninchen nicht begegnet. Steht die Platte nur meterhoch, so springen normale Kaninchen nach einiger Umschau vorsichtig herunter; die blinden halten sich ängstlich tastend länger oben, und wenn sie herabkommen, so geschieht es mit ungeschicktem Fall. Legte ich von solcher Platte eine lange, schmale Latte bis in die Stallthür, so fanden die Thiere bald den Muth, sie als Brücke zu benutzen, während die blinden niemals Gebrauch von dem Mittel machten, das ihnen gedient haben würde, den Unbilden der Witterung zu entkommen. Des Sehpurpurs beraubte Kaninchen zeigten von dieser Unbeholfenheit keine Spur; *Coccius* war also im Rechte mit der Bemerkung, dass Verlust des Purpurs auch bei Kaninchen keine Blindheit bedinge. Um sicher zu gehen, habe ich die Thiere mit atropinisirten Augen auf einem hohen, schmalen Gestelle mit allseitig freier Umschau in die Sonne gesetzt, von einem den totalen Verlust des Sehpurpurs constatirt, von einem anderen, dass es nach 25 Minuten Dunkelaufenthalt die ersten Anzeichen der Netzhautfärbung wieder gewann und mich überzeugt, dass beide zuvor bei den genannten Proben kein Benehmen darboten,

das auf Verlust des Sehvermögens gedeutet hätte. Diese Erfahrungen sind vollkommen in Uebereinstimmung mit *Holmgren's* Nachweis, dass ein gebleichtes Kaninchenauge auf Lichtreiz noch Schwankungen der Retinaströme zeigt (vgl. dieses Heft, S. 81—88). Ich schliesse daraus, dass der Stäbchenapparat ausser dem Sehpurpur noch über andere dauerhaftere Sehstoffe verfüge und denke, dass das Epithelpigment als einer davon aufzufassen sei.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit des braunen Pigmentes selbst im Leben sein mag, so scheint sie mir unter Voraussetzung besonders kräftig erregender Wirkung der Bleichungsproducte, die allmählich gelöst werden dürften, und einer gegen diese chemischen Reize hochgradigen Erregbarkeit der Sehzellen genügend, um die zum Sehen nöthige Reizung zu veranlassen. Nichts steht, um wieder daran zu erinnern, nach Dem, was Jedermann über die chemische Erregbarkeit der Riechzellen weiss, im Wege, die höchsten Grade chemischer Veränderlichkeit auch dem Protoplasma der Sehzellen zuzuschreiben. Wir müssen uns bei einem Sinnesorgane von dieser Feinheit, das auf derartig minimale lebendige Kräfte reagirt, wie das Auge, an den Gedanken gewöhnen, dass auch nur verschwindend kleine Quantitäten chemischer Mittel nöthig sein werden, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Beweise, dass viele andere Gewebe von solchen Spuren in colossalem Grade functionell geändert werden, liegen in Menge vor: man denke an die Wirkung mancher Gifte, an die Spuren der Santonsäure, die jeweils nur im Sehapparate enthalten sein mögen, und deren Effecte, an *Darwin's* Beobachtungen über den Einfluss fast unglaublich geringer Ammoniakmengen auf das Protoplasma einiger Pflanzenzellen und man wird sich vielleicht immer noch zu geringe Vorstellungen von der chemischen Erregbarkeit des Sehzellenleibes machen. Darum ist auch die vorerwähnte Annahme, dass ein Sehorgan, welches für Licht von sehr geringer Intensität genügt, einen mindestens so hochlichtempfindlichen Sehstoff, wie den

Sehpurpur enthalte, nicht unumgänglich, indem eine hochgradige Reactionsfähigkeit der von dem chemischen Sehreger zunächst betroffenen Einrichtung ihm auch erlauben würde, mit einem langsam durch das Licht zersetzlichen Stoffe auszukommen.

Unter Sehzellen sind hier im Allgemeinen nur die Stäbchen und Zapfen, im gegenwärtigen Falle die Stäbchen sammt dem Innengliede gemeint, denn die Epithelzellen dafür zu halten liegt trotz dem Nachweise darin befindlicher lichtempfindlicher Stoffe keine Veranlassung vor. Die Entwickelung der Pigmentzellen ist bekanntlich eine so selbständige, und es schieben sich die sprossenden Aussenglieder des eigentlichen Sinnesepithels, d. h. der mit empfindenden Nerven zusammenhängenden Epithelien so deutlich in die weiche, vorher fertige Pigmentlage vor, dass an einen sog. organischen Zusammenhang der beiderartigen Gebilde nicht zu denken ist. Ausserdem gibt es gute physiologische Gründe, das Epithel für nicht direct am Sehacte betheiligt zu halten, da keine Erfahrung über das Unterscheidungsvermögen nahe zusammenliegender Bildpunkte mit der zum Theil beträchtlichen Grösse der Epithelzellen zu reimen ist, während die schmalen Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen solchen Anforderungen bekanntlich sehr gut entsprechen. Ich muss endlich bekennen, niemals haben einsehen zu können, wie man darauf verfallen mochte, Stäbchen und Epithelzelle für Doppelzellen zu halten, da man doch weiss, welche grosse Zahl von Stäbchenenden in einer Epithelzelle Platz findet. Wer dies Alles im Widerspruche mit der Entwickelung zu einer Zelle zusammenschweisst, oder an Copulation denkt, hätte passender die Bezeichnung Riesenzelle gewählt.

Wenn es eine Stelle an den Stäbchen gibt, die darnach aussieht, als ob sie einem Verbrauche unterliege, so ist es gewiss die äussere in der Pigmentzelle steckende Kuppe, die niemals so glatt abgeschnitten aussieht, wie *M. Schultze* u. A. sie abbildeten; sondern sich geradezu wie angefressen oder benagt ausnimmt.

Hier, wo das Stäbchen mit Pigmentnadeln gespickt ist und um so mehr davon bedeckt wird, je intensiver und dauernder die Belichtung war, dürfte auch ein Angriffspunkt für Reize zu suchen sein. Vielleicht ist es indess nicht einmal nöthig, für alle Fälle die chemische Reizung an das Stäbchen zu verlegen, da der Sinn der scharfkantigen Nadelform des Pigmentes, welche an keinem Wirbelthierauge vermisst wird und wunderbarer Weise ganz vorwiegend den Theilchen zukommt, die nach vorn und in Contact mit den Stäbchen und Zapfen gerathen, auch ein mechanischer sein könnte, insofern das Protoplasma mit solchem Reibmittel bewaffnet, durch seine Bewegungen mechanisch reizend zu wirken vermöchte. So bleibt auch für eine Auffassung Raum, welche eine photochemische Reizung in das Protoplasma der Epithelzellen verlegt, und dann nicht die Stäbchen, sondern die Matrix des Pigmentes für das chemisch gereizte erachtet, und an sehr bekannte Dinge bei auf Licht mit Bewegung reagirenden Zellen, die bekanntlich ausnahmslos pigmentirt sind, anknüpft, ohne auf den physiologisch wohl begründeten Satz zu verzichten, dass nur Licht-Erregungen, welche Stäbchen oder Zapfen treffen, Lichtempfindung auslösen. In diesem Sinne könnte auch das Wandern des Pigmentes zwischen den Stäbchen nach vorn, indem es deren Cylindermäntel reibt, als Sehreiz aufzufassen sein; doch scheinen mir einige Gründe gegen die letztere Annahme zu sprechen und darauf hinzuweisen, dass dieser Vorgang für das Zutreten des Pigmentes zu den weniger nach rückwärts reichenden Zapfen grössere Bedeutung habe. So viel ich sehe, ist diese Hypothese einer mechanischen Stäbchenreizung in keinem Widerspruche mit unseren Kenntnissen vom Sehen, wenn man sie nicht auf den Anfang des Sehactes ausdehnt. Lässt man sie für die Nachwirkungen zu, so bereitet ihr die Langsamkeit der Protoplasmabewegungen kein Hinderniss. Ausser dem Sehpurpur wurde des braunen Pigmentes nur als **eines** der weiteren Sehstoffe des

Stäbchens gedacht, weil das Fehlen des Pigmentes bei den Albinos und in dem sehr verbreiteten Tapetum noch andere anzunehmen nöthigt. Wie mit einem Tapetum gesehen werde, wissen wir nicht und an den Albinos bemerken wir nur, dass sie leicht geblendet sind, was rein optische Gründe haben kann. Albinotische Kaninchen nach Erweiterung der Pupillen mit Atropin an die Sonne gebracht (wo die Augen prachtvoll roth funkeln), bis der Sehpurpur geschwunden, betragen sich nach meinen Erfahrungen nicht wie blinde: die Hypothese erfordert da also noch weitere und zwar farblose Sehstoffe. Für das Tapetum der Räuber dürfte der sonderbare Filz erstaunlich feiner und weicher Krystalle im gleichen Sinne Beachtung finden.

Pigmente im Auge sind etwas durch die ganze Thierreihe Verbreitetes, und bei den niedersten Thieren ist es häufig nur das Pigment gewesen, das zur Annahme und Auffindung der Sehorgane geführt hat. Es wird darum immer nützlich sein, das Verhalten der zahlreichen thierischen Pigmente zum Lichte festzustellen, nicht nur in Rücksicht auf das Sehen, sondern auch bezüglich der unverkennbaren Bedeutung farbiger Einschlüsse im Protoplasma für dessen vom Lichte beeinflusste Bewegung. Ueber das Letztere habe ich Untersuchungen begonnen, indem ich gereinigtes braunes Augenpigment theils direct mit Salamanderblut mischte, theils durch Injection in die Venen lebender Frösche an weisse Blutkörperchen verfütterte. Die etwas umständlichen Versuche, über welche ich zu anderer Gelegenheit hoffe ausführlicher berichten zu können, haben einstweilen das Resultat ergeben, dass stark imprägnirte Zellen in hellem Lichte kuglig und bewegungslos werden und nur im Dunkeln oder bei sehr schwachem Lichte, sowie in gelber und rother Beleuchtung Fortsätze treiben oder Ortsveränderungen ausführen. Weisse Blutkörperchen mit wenig Pigment beladen schienen im Lichte dagegen beweglicher zu werden, während an den gewöhnlichen farblosen Zellen des

Blutes gar kein Einfluss des weissen, rothen, gelben, grünen oder blauen Lichtes zu bemerken war.

Bezüglich der Lichtempfindlichkeit der Augenpigmente in der Thierreihe mögen hier einige gelegentlich gesammelte Erfahrungen Platz finden.

Bei keinem einzigen Wirbellosen wurde Sehpurpur gefunden und überhaupt keine am directen Sonnenlichte oder in diffuser Tageshelle schnell bleichende Farbe, was in vollkommener Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von *Krukenberg* (vergl. ds. Hft. S. 58) ist. Es steht dies zwar im Widerspruche mit der Auffassung, welche kürzlich die Beobachtungen von *Chatin* an Locusta viridissima erfahren haben, wer indess das Original (Compt. rend. 25. Nro. 8 S. 447) liest, wird durchaus nicht den Eindruck empfangen, als ob der Autor von einer lichtempfindlichen Farbe spreche. *Chatin* sagt ganz richtig, dass die Bündel der Sehstäbe von violetschwarzem Pigmente umhüllt seien und gibt ein Verfahren an, die Stäbe mit Alkalien einzeln zu erhalten, worauf man sie von hell lila, bald schwindender Farbe finde, aber er sagt nichts über Unterschiede der Erscheinung im Hellen und im Dunkeln und nicht, was Jeder leicht wird bestätigt finden, dass intensivstes Licht in einigen Stunden an den ohne Alkali behandelten Gruppen der Stäbe gar keine Veränderung des violetten Schimmers erzeugt. Es ist mir auch zweifelhaft geblieben, ob die feinen Stäbe selbst Farbe besitzen, da ich an solchen, die aus der dunklen Pigmenthülle losgelöst waren, nichts davon erkennen konnte, obwohl ich die Präparation des Auges eines 24 Stunden im Dunkeln gehaltenen Thieres vor Natronlicht vorgenommen hatte. Ein solches Präparat mit Sodalösung zerfasert gab eine violette Masse, die ich im Laufe eines sonnigen Vormittags im Hellen so wenig, wie im Dunkeln veränderlich fand. Ob der Sehpurpur den Wirbellosen ohne Ausnahme mangele, lässt sich begreiflich nicht voraussagen, um so weniger, als man

es nach Analogie des vereinzelten Vorkommens des Hämoglobins vielleicht ausnahmsweise erwarten könnte. Ich gestatte mir hier die Bemerkung, dass nichts eindringlicher den Werth experimenteller Methoden vor der sogenannten reinen Beobachtung erweist, als die Geschichte des Sehpurpurs. Wer von der Erfahrung einer allgemein verbreiteten, auch bei den Wirbellosen identischen Netzhautfärbung ausging, konnte mit Hülfe der letzteren Methode nur auf den Gedanken kommen, dass etwas Anderes, als Licht, nämlich beschleunigtes Absterben u. dergl. die Ursache des Bleichens einer herausgenommenen Wirbelthierretina sei, statt an das Licht zu denken, wenn er zuvor die bedeutende Haltbarkeit der Farbe an Wirbellosen, wo sie bekanntlich von *Krohn* zuerst gefunden worden, bemerkt hatte.

Ein zerdrücktes Fliegenauge gibt einen carminrothen Fleck mit schwarzer Sprenkelung. Auf Porzellan ausgestrichen, getrocknet und einige Tage partiell besonnt, zeigen sich die dunkel gehaltenen Stellen noch von der Anfangsfarbe und stark unterschieden von den belichteten, aus denen das Roth mehr und mehr verschwindet. Längere Besonnung bleicht das rückbleibende Braun weiter, jedoch auch in dünnen Schichten nicht vollkommen.

Entnimmt man dem Auge des Hummers etwas von dem zwischen den Sehstäben befindlichen schwarzen, zum Violet neigenden Pigmente und malt es in Streifen von verschiedener Deutlichkeit aus, so zeigen auch die blassesten nach monatelanger Besonnung keine Unterschiede gegen dunkel gehaltene Antheile. Die Farbe hat sich mir bis heute, ausser dem reducirten Hämoglobin, als die echteste von allen erwiesen. Ich bewahre ein Milchglasplättchen auf, das damit in allen Abstufungen, vom unscheinbarsten Grau beginnend bemalt ist und nirgends Andeutungen des schwarzen Bandes erkennen lässt, welches sie während des ganzen Sommers unter einem nach Süden gelegenen

Oberlichte bedeckt hatte; die Farbe bewahrt also auch die violette Beimischung.

Eine aus vielen Augen von Helix pomatia angetrocknete Reihe zeigt starke Differenzen von dunkel- zu hellbraun, selbst gelb, je nach der vorgenommenen Bedeckung, nachdem sie 4 Wochen belichtet worden. Die Bleichung betrifft jedoch am meisten das diffus in einigem Abstande um die Augen verbreitete Pigment, während die eigentlichen Augenpunkte noch überall ganz dunkel sind. Im Anfange der Belichtung boten die letzteren in sofern Differenzen, als das schwache Violet, das man an den frischen oder wieder aufgeweichten Augen nach guter Zertheilung wahrnimmt, nur im Lichte ausfiel; später verlor sich dasselbe aber auch in den im Dunkeln trocken bewahrten Präparaten.

Da das Crustaceenauge in den Stäben einen purpurnen, freilich sehr langsam am Lichte vergänglichen Farbstoff, ausser dem umhüllenden, überraschend echten enthält, so scheint irgend etwas durch Licht zu Bleichendes in jedem Auge vorzukommen.

Die photochemische Hypothese des Sehens birgt, ich verkenne es nicht, eine Gefahr in sich, die hervorzuheben ist, um ihr im Fortgange der Bearbeitung Beachtung zu verschaffen: es können farbige Bestandtheile der Netzhaut, nur weil sie lichtempfindlich sind, für Sehstoffe genommen werden, während sie in Wahrheit als Absorptionsmittel Bedeutung und n u r diese Function haben. An der gelben Farbe der menschlichen Macula haben wir bereits ein Beispiel: dieselbe ist von nicht geringer Lichtempfindlichkeit, aber wegen der ganz gleichmässigen Verbreitung durch die verschiedenartigsten Gewebe der Netzhaut, und wegen ihrer Lage in den vorderen Schichten gewiss nicht zu den Sehstoffen zu rechnen. Verdient der Farbstoff, wie anzunehmen, für das Sehen Beachtung, so geschieht es mit Rücksicht auf die Absorption, welche das Licht daran erleidet, das nachher erst zum Perceptionsapparate gelangt. Dasselbe gilt nach einer

sehr verbreiteten Ueberzeugung von den verschiedenfarbigen Oelkugeln der Vogelretina, welche in so merkwürdiger Weise von der gesammten Reihe complementärer Farben grade die Hälfte, und von jedem Paare das weniger brechbare Glied darstellen. Eminent farbensinnigen Geschöpfen eigenthümlich und in der Klasse nach *Schultze's* Entdeckungen am Eulenauge ausnahmsweise zurücktretend, selbst fehlend, grade da, wo der Farbensinn unnöthig wird, muss man glauben, dass ihnen besondere Bedeutung für die Unterscheidung der Farben zukomme. Will man sich das Ideal dieses Vermögens vorstellen, so muss man, abgesehen davon, dass es Geschöpfe geben könnte, die das Spectrum nach beiden Richtungen länger sähen, als wir, fordern, dass nicht allein kleine Veränderungen der Wellenlänge des objectiven Lichtes möglichst grosse Abstufungen der Empfindungsqualität erzeugen, sondern dass auch sehr grosse Intensitäten des monochromatischen Lichtes noch gesättigte Farbenempfindung auslösen, und dass endlich polychromatisches Licht innerhalb weiter Intensitätsgrenzen das Sinnesorgan so errege, dass möglicht viele und kleine Aenderungen in der Mischung herausempfunden werden. Wie schlecht das menschliche Auge dem entspricht, wissen wir aus dem leichten Uebergange gewisser Farben bei steigender Intensität zu Weiss: unsere Macula schützt uns nicht, intensiveres spectrales Violet weisslich zu sehen, obwohl sie kaum einen andern Sinn haben kann, als den der Absorption kurzwelligen Lichtes, und oft habe ich es erfahren, dass ich mässig gefärbte Objecte in grellem Sonnenlichte, in welchem der Vogel gern verweilt und findet, was er sucht, trotz abgewandter Kopfstellung für vollkommen farblos und gebleicht hielt, bis ein Schritt mit dem Gegenstande in den Schatten mich über die Farbe sogleich und schlagend belehrte. Um gegen solche Unvollkommenheiten Abhülfe zu schaffen, kann es kein besseres Mittel geben, als Dämpfung, und wenn ich auf die Intensität des farbigen

Eindruckes nicht verzichten will, muss der Dämpfer farbig sein, aber für die auf die einzelnen objectiven Farben eingerichteten Perceptionsorgane verschiedenfarbig.

Wir wir nur eine Stelle in der Netzhaut besitzen, welche unsere Zapfen einigermaassen vor übermässiger Einwirkung des im Allgemeinen chemisch wirksamsten kurzwelligen Lichtes schützen, so ist nach *Schultze*'s bekannter Entwickelung die Vogelnetzhaut mit einer Zahl solcher grossen Maculae ausgestattet mit dem weiteren Vorzuge jedoch, dass ausser dem Violet und Blau auch das Grün von einigen stark angedämpft wird, und je nach Bedürfniss an den einzelnen Fleckchen in verschiedenem Grade. Dies Alles ist für die Zwecke des Sehens der Vögel so verständlich, dass die Function der Farbstoffe als Absorbenten kaum in Frage zu stellen ist. Dieselbe schliesst jedoch ihre Bedeutung als Sehstoffe, welche damit combinirt sein könnte, nicht aus, ja man kann um so mehr auch an diese denken, weil die Farbkugeln in den Sehzellen liegen. Der dem Sehpurpur gegenüber ausserordentlich geringe Grad von Lichtempfindlichkeit würde nach den beim schwarzen Pigmente ausgeführten, noch geringere Zersetzlichkeit in Betracht nehmenden Erörterungen, der Annahme kein Hinderniss bereiten, aber die vorgenannten Blendungsversuche, welche eher Vermehrung, als Verminderung der Farbstoffe ergeben, scheinen anderer Auffassung das Wort zu reden. Ich habe jene Blendungen auch mit eingeschalteten blauen und grünen Gläsern vorgenommen und ungefähr dieselben Resultate erzielt, wie mit weissem Lichte, sicherlich niemals Abblassen irgend einer der Zapfenfarben. Gleichwohl halte ich die Thatsache nicht für entscheidend, da der lebhafte Stoffwechsel des Vogels dem Gedanken Raum lässt, dass einer gesteigerten Zersetzung übermässige Restitution folge. Es gibt aber eine andere, der Auffassung unserer Pigmente als Sehstoffe ungünstige Ueberlegung, indem man sich fragt, wozu das Vogelauge noch die grosse Zahl nicht mit farbi-

gen Dämpfern versehener Zapfen habe. Soll diese weitaus überwiegende Zahl ausschliesslich die Perceptionsorgane für das von den mit Farbkugeln versehenen Zapfen ausgeschlossene, andersfarbige Licht vorstellen, oder soll ihre Erregung zu denselben Empfindungsqualitäten führen, wie die der Stäbchen? Da die Vogelnetzhaut ausserdem noch Stäbchen besitzt, so ist es kaum glaublich, dass auch nur ein Theil dieser Zapfen keine Farbenzellen vorstelle, vielmehr ist anzunehmen, dass sie es seien, welche dem Vogel auch in der Dämmerung die Farben zu unterscheiden gestatten, wozu die andern schlecht taugen würden. In den Fettpigmenten der Zapfenkugeln Sehstoffe voraussetzen, hiesse daher den Aussengliedern zwei Sehstoffe für einen Zweck zuschreiben, eine Annahme, die des Guten zu viel enthält. Es ist Nichts gegen die Annahme verschiedener farbloser Sehstoffe in den zur Vermittlung verschiedenfarbiger Empfindung dienenden, verschiedenen Zapfen einzuwenden, und es wird deren gewiss in den betreffenden Aussengliedern so viele geben, als Grundfarben zu zählen sind, aber es ist gegenwärtig kein Anlass weitere Complicationen zu schaffen, von denen die fernere Untersuchung Erschwerung zu befürchten hätte.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel 7.

Fig. 1. Retina vom Frosche, *A* von hinten, *B* von vorn gesehen, *Hartnack* X. 3. Sehweite 18 cm. Mit dem Zeichenprisma copirt, indem bei sehr mässigem Licht erst die grünen Stäbchen schnell mit farbiger Kreide aufgenommen, später die inzwischen entfärbten purpurnen mit der Bleifeder eingetragen wurden. Das Präparat entspricht einem centralen Netzhauttheile. (In Fig. 1 *A* und 2 *A* sind die vom Lithographen nach Art gewöhnlicher Kreisschatten an den Stäbchenkuppen ausgeführten Linien nicht der Natur und der Originalzeichnung getreu nachgebildet; dieselben sind in Wahrheit unregelmässiger und vielfach geknickt.

1 *A*, *a* purpurne, *b* grüne Stäbchen, die Zwischenräume pigmentfrei, aber sehr dunkel; Zapfen sind darin wegen der Einstellung auf das hintere

Stäbchenende nicht zu sehen; die grünen Stäbchen ragen immer etwas weiter nach hinten, als die übrigen; *d* Stäbchen mit flachen, scheibenförmigen Auflagerungen, oder im Aufblättern begriffen, *e* kuglige myelinartige Körper.

1 *B*, *a* purpurne Stäbchen, *b* kleine lichte Kreise, den Fäden der *Schwalbe*'schen, grünen (*Boll*) Stäbchen entsprechend, *c* Zapfen, ohne Färbung, aber im (von hinten) durchfallenden Lichte dunkel. Unter den grösseren dunklen Mosaïkstücken entsprechen einige auch Stäbchen (links unten), deren Aussenglieder im Präparate schief stehen.

Fig. 2. *A* und *B*, Retina von Salamandra maculosa. Vergrösserung und Bezeichnung wie in Fig. 1. Grüne Stäbchen und die denselben entsprechenden Kreise (b. Fig. 1) fehlen gänzlich. *f f* Doppelzapfen.

**Tafel 8.**

Fig. 1. 1 *A*, 1 *B*, Retina mit dem Pigmentepithel eines besonnten Frosches von hinten betrachtet. *Hartnack* VIII. 3, 18 cm. 1) Einstellung auf die oberste Ebene. Die gelben Fettkugeln liegen tiefer und haben darum verwaschene Grenzen; *a a* glänzende, farblose, in Galle lösliche Klümpchen; *b b* Kerne. Zwischen den Epithelien sind keine hellen Kittleisten zu sehen.

1 *A*, tiefere, mittlere Einstellung auf die Höhe der meisten Fettkugeln. Die farblosen Klümpchen und die Kerne werden nicht mehr gesehen, dagegen taucht viel schwarzes Pigment, besonders an den Rändern der Zellen auf.

1 *B*, tiefste Einstellung auf die Kuppen der Stäbchen; die Fettkugeln sind nur als diffuse gelbe Flecke zu erkennen. Das schwarze Pigment bedeckt manche Stäbchenenden ganz oder theilweise.

Fig. 2. Retina mit Epithel von einem roth belichteten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 1, tiefste Einstellung. Man sieht im Areale jeder Pigmentzelle ungefähr 1 grünes Stäbchen; dieselben erscheinen in solchen Objecten auffallend intensiv blaugrün.

Fig. 3. Mit dem Pigmentepithel abgezogene Retina eines belichteten Frosches. Ansicht von vorn. *a* Zapfen, *b* hinten mit Pigment stark bedeckte Stäbchen. Die übrigen den Stäbchen angehörigen Figuren sind dunkel- bis hellgrau, je nach der Anhäufung des Pigmentes unter ihren Enden. *c* entspricht den *Schwalbe*'schen Stäbchen. *d* blassgelbe, diffus begrenzte Flecke, von der Farbe der Fettkugeln des Epithels durchschimmernd.

Fig. 4. Frisch isolirte Pigmentzellen der Froschretina. *a a* die farblosen in Galle löslichen Klümpchen. *b* Kern.

Fig. 5. Retina vom Dunkelfrosch bei schwächerer Vergrösserung von hinten gesehen; Einstellung auf die Zapfen *a*, in dunklem, aber ganz pigmentfreien Grunde.

Fig. 6. Retina von einem zwei Stunden besonnten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 5. Die gebleichten Stäbchen sind dicker, die Zapfen, wie es nach starker Belichtung und trotz Entfernung des Pigmentes häufig vorkommt, auch bei tiefer Einstellung nicht zu erkennen.

# Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln.

Das erhöhte Interesse, welches die Färbung der Muskeln seit den neuerdings bemerkten grossen physiologischen Unterschieden rother und weisser Muskeln erregt, macht es wünschenswerth, die aus einer Kette sonderbarer Missverständnisse entstandenen Zweifel an der von mir gefundenen Uebereinstimmung des Muskelfarbstoffes mit dem des Blutes zu beseitigen.

Hatten *Ranvier*'s und *E. Meyer*'s (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875, S. 217) Mittheilungen über die Bewegungsweise des rothen M. semitendinosus und des weissen M. adductor magnus, oder des vastus int., noch Bedenken gelassen, so ist jetzt durch die Arbeit von *Kronecker* und *Stirling* (l. c. 1878, S. 1) festgestellt, dass der rothe Muskel bei geringerer Reizfrequenz in continuirlichen Tetanus übergeht, als der weisse, dass seine Zuckung dreimal länger dauert, langsamer ansteigt und abfällt, als die des weissen, und dass das Stadium der latenten Reizung des ersteren die des anderen um das 4fache übertrifft. *Ranvier's* Angabe, dass die Contraction des rothen Muskels sich derjenigen glatter Muskelfaserzellen annähere, ist damit sicher gestellt.

Ohne auf die Frage eingehen zu wollen, ob diese Unterschiede für sämmtliche roth oder nicht gefärbten Muskeln gelten, was *E. Meyer* bezweifelt, und ohne darauf eingehen zu können, ob die weiteren von *Ranvier* angeführten Unterschiede der Gefässversorgung, des Baues, des Reichthums und der Lage der Kerne, durchgreifend seien, was *E. Meyer* ebenfalls verneint, wünsche ich nur der Beschaffenheit des Farbstoffes Anerkennung zu verschaffen, und überlasse es anderen Untersuchungen, festzustellen, ob dieselbe für die Contractionsweise der gefärbten Muskeln belangreich sei.

Seit meiner Beobachtung der Beständigkeit der Farbenunterschiede in der Kaninchenmuskulatur, nach Entfernung des Blutes mittelst Injection sog. physiologischer NaCl-Lösung, und dem Nachweise, dass nur die im Leben rothen Muskeln hämoglobinhaltige Extracte liefern (*Virchow*'s Arch. 33, S. 79), gehen ausser manchen bestätigenden, einige widersprechende Angaben darüber durch die physiologische Literatur, die ihrer Beharrlichkeit wegen nicht mehr zu umgehen sind. *Brozeit* hatte (*Pflüger*'s Arch. III., S. 361) unter Berufung auf eine Untersuchung von *Prussak* eingewendet, dass die Ausspülung mit Salzwasser Auflösung der rothen Blutkörperchen und Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz verursache. Da aber nur bestimmte, nicht alle Muskeln roth gefunden werden, sollten die Verblutungskrämpfe auf jenen Uebergang Einfluss haben und nur die daran

theilnehmenden Muskeln den Farbstoff aufnehmen. Ob jene Muskeln wirklich nur oder vorzugsweise von den Krämpfen befallen werden, wurde nicht untersucht.

Nach dieser Meinung wäre das rothe Fleisch im Leben weiss, und *Brozeit* zweifelt nicht, dass man es unter Vermeidung der Verblutungskrämpfe durch Curare und künstliche Athmung am blutfreien Kaninchen überall so finden werde. Ausserdem wendet *Brozeit* ein, dass *Gscheidlen* grössere Unterschiede im Hämoglobingehalte des Fleisches gefunden habe, als er mit der wechselnden Zusammensetzung lebender Muskelsubstanz vereinen könne. Einigermassen bestätigt endlich fand *Brozeit* seine Erwartungen, als es ihm nicht gelingen wollte, aus der Muskulatur eines nicht, wie er gewünscht hätte, mit Curare, sondern durch Aetherathmung beruhigten Kaninchens nach einer von ihm geübten Methode so viel Hämatin darzustellen, dass er es wägen konnte.

Ich habe diese Angaben bisher auf sich beruhen lassen, weil ich die Bekanntschaft mit der auch im Leben vorhandenen Verschiedenfarbigkeit des Fleisches einzelner Thiere zu den allergewöhnlichsten Kenntnissen zählte, und weil ich glaubte, dass der Anblick eines in der Curarelähmung nach längerer künstlicher Respiration verbluteten Kaninchens, den sich *Brozeit* versagte, in jedem Laboratorium zu häufig sei, um Jemanden bei dem Gedanken zu lassen, dass die constante Röthe ganz bestimmter, zum Theil mitten in weissem Fleische gelegener Muskeln irgend etwas mit Verblutungskrämpfen zu schaffen habe. Dass *Brozeit* den rothen Muskeln noch irgend einen andern Farbstoff zuschreibe, vermag ich um so weniger zu erkennen, als der Autor den postmortalen Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz gerade aus der rothen Farbe folgert, und als er beiläufig gewiss bemerkte, was ebenfalls zu den verbreitetsten Erfahrungen gehört, dass die rothen Kaninchenmuskeln durch alle zur Extraction geeigneten Mittel vollkommen entfärbt werden, während im Extracte kein anderer Farbstoff, als das Hämoglobin enthalten ist. Wer rothes Fleisch gewaschen hat, weiss, wie es sich entfärbt und kennt aus der Untersuchung der Fleischflüssigkeit die nur vom Verhalten des Hämoglobins angezeigten Wege zur Entfärbung auch der letzteren. Dass das Fleisch mancher Thiere (Fische u. s. w.) noch von etwas Anderem gefärbt sein könne, braucht bei dieser Gelegenheit kaum gesagt zu werden, ebensowenig, dass manchen hämoglobinhaltigen Muskeln auch andersfarbiges Fett in kleinen Mengen zukomme; dass aber irgend ein anderer Stoff in beachtenswerther Menge, oder von identischem Aussehen mit dem des Fleisches, der sich nicht wie Hämoglobin verhielte, an der gemeinen Fleischfarbe betheiligt sei, wird Niemand behaupten dürfen.

Da *Brozeit*'s Erwägungen dennoch so viel Zustimmung, die mit Namen zu belegen ich gern vermeide, gefunden haben, wäre noch der Berufung auf *Prussak*'s Experimente über Diapedesis rother Blutkörperchen, unter dem Einflusse des NaCl, sowie des so ersehnten Versuches am curarisirten

Kaninchen, zu gedenken. So viel ich sehen kann, beziehen sich *Prussak's* Angaben (Wien, Akad. Stzsb. 1867, I. S. 12) nur auf überreichliche Mengen starker Lösungen, oder des festen Salzes; der daraus abgeleitete Einwand gegen den Gebrauch der nur $^1/_2$—$^3/_4$ pCt. NaCl enthaltenden physiologischen Salzlösung ist also kaum ernsthaft zu nehmen. Ich habe indess auch Kaninchen damit ausgespritzt, deren Muskeln sämmtlich durch Strychnin in Tetanus versetzt waren, und in andern Fällen nach Vergiftung mit Curare, während der Injection, die Muskeln einer hinteren Extremität so lange mit Inductionsschlägen tetanisirt, als sie reagirten, und, wie zu erwarten, nicht gefunden, dass die weissen Muskeln darnach farbig, die rothen röther, oder reicher an Hämoglobin geworden wären. Endlich muss denn wohl noch ausdrücklich hinzugefügt werden, dass sich die Muskulatur eines mit Curare vergifteten, künstlich athmenden Kaninchens nach der Salzspülung gar nicht unterschied von derjenigen eines ohne Lähmung verbluteten und ausgespülten, und dass die wässrigen Extracte der rothen und weissen Muskeln in beiden Fällen dieselben Unterschiede zeigten.

Um den Hämoglobingehalt des Fleisches festzustellen, ist es übrigens nicht einmal nöthig, das Blut vollkommener aus den Gefässen zu entfernen, als es beim Verbluten und Ausschneiden der Muskeln geschieht; man kann die Salzwasserinjection ganz unterlassen und damit alle Einwände, zu denen Jemand noch Musse fände, umgehen. Man halte zwei beliebige rothe und weisse Muskeln eines wie immer geschlachteten Kaninchens übereinander in's objective Spectrum und man wird nur an dem ersteren die Verdunklung zwischen *D* und *E* finden, die dem Blute eigenthümlich ist, in günstigen Fällen sogar die beiden Streifen des O-Hämoglobin. Besser und von schlagender Deutlichkeit erzielt man die gewohnten Absorptionsbänder, wenn man ein Spectroskop im verdunkelten Zimmer auf das Präparat richtet und ein Bündel intensiver Sonnenstrahlen unter geeignetem Winkel darauf fallen lässt. Man kann auch die Muskeln fein zerschneiden, oberflächlich abspülen und abpressen, auf eine mattschwarze Fläche ausbreiten, das Strahlenbündel darauf richten, und mit Hülfe einer Linse ein reelles verkleinertes Bild davon vor dem Spalt des Spectralapparates entwerfen, worauf man das Hämoglobin-Spectrum so sieht, als ob eine Lösung des Blutfarbstoffs davor stände. Alles dies trifft nur bei den rothen, nicht bei den farblosen Muskeln zu, obwohl man in den Gefässen beider noch Blutkörperchen finden kann. Die Methode hat eben den Vortheil, Licht auf einmal zur Untersuchung zu bringen, das von einer grösseren Oberfläche aus sehr geringer Tiefe reflectirt worden, und kaum beeinflusst werden kann durch die wenigen sehr zerstreut und grösstentheils zu tief liegenden Körperchen des Blutes. Spannt man flache Muskeln vor dem Spalte des Apparates aus, so hat man dieselben bekanntlich sehr zu berücksichtigen, weil immer nur ein schmaler Muskelstreif als Absorbent wirkt, bei dem eine mitlaufende bluthaltige Capillare von grossem Einflusse ist. Da *Ranvier* in den rothen Muskeln kleine Capillaraneurismen bemerkte und der Gefässreichthum in diesen Muskeln

überhaupt grösser sein könnte, so dass darin mehr Blut und mehr Bluthämoglobin zurückbliebe, so ist auf das schöne Spectrum der zerhackten und mit dünner Salzlösung leicht abgespülten Muskeln, die ohne Frage ärmer an Blutkörperchen sind, als die nicht gewaschenen weissen, welche gleichwohl gar keine Absorptionserscheinungen geben, besonderes Gewicht zu legen, und zu erwarten, dass es fernere Versuche, den Hämoglobingehalt der Muskeln für ein Kunstproduct auszugeben, verhüte.

*W. K.*

---

## Literatur

zu Herrn Holmgren's Mittheilung S. 81.

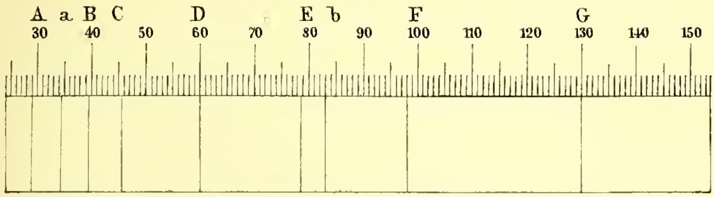
*F. Holmgren:* Om Synpurpurn och retinaströmmen. Ups. Läk. Förh. XIII. Heft 8.

Derselbe: über Opticusdurchschneidung, l. c. XI. S. 231.

Derselbe: über Irisbewegungen, l. c. XI. S. 476.

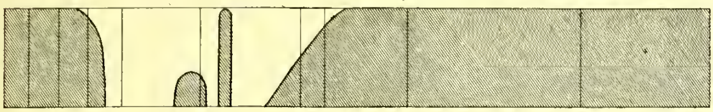
*J. G. Edgren:* über Irisbewegung, l. c. XI. S. 185.

1



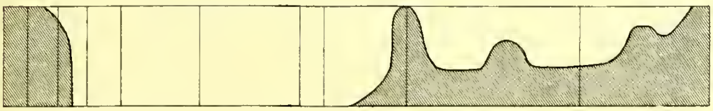

Rindsgalle (zwei Tage alt.)

2



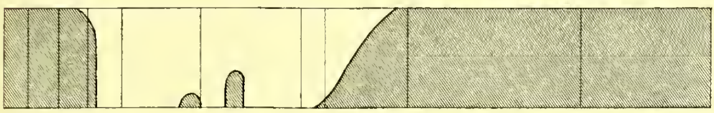
Alkoholisches Extract der Rindsgalle

3



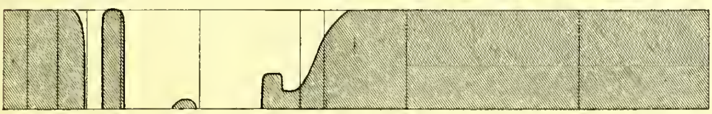
Alk. Extract der Rindsgalle (concentrirtere Lösung.)

4



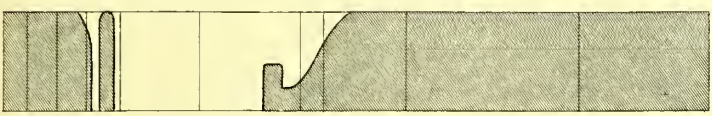
Alk. Extract der Leber von Eledone moschata.

5



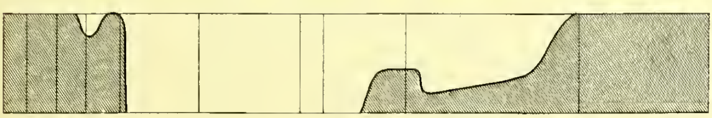
Alk. Extract der Leber von Helix pomatia.

6



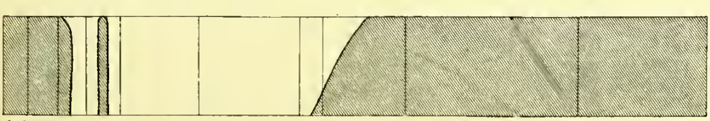
Alk. Extract der Leber von Limnaeus stagnalis.

7



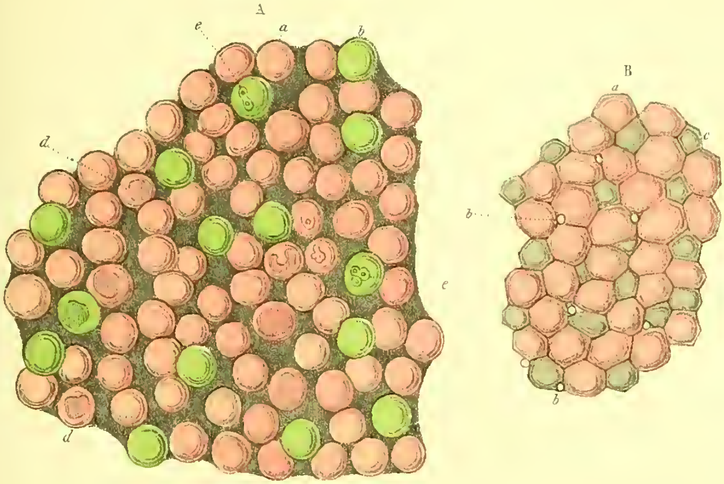
Alk. Extract der Leber von Mytilus edulis.

8

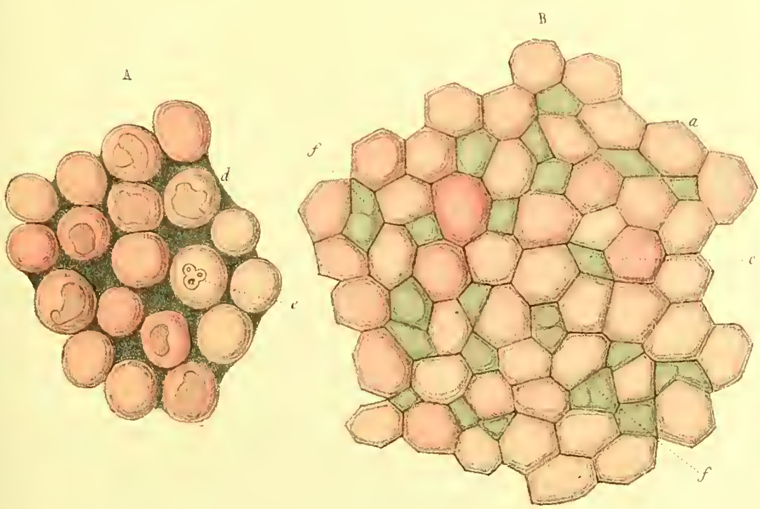


Krukenberg fecit. Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

1



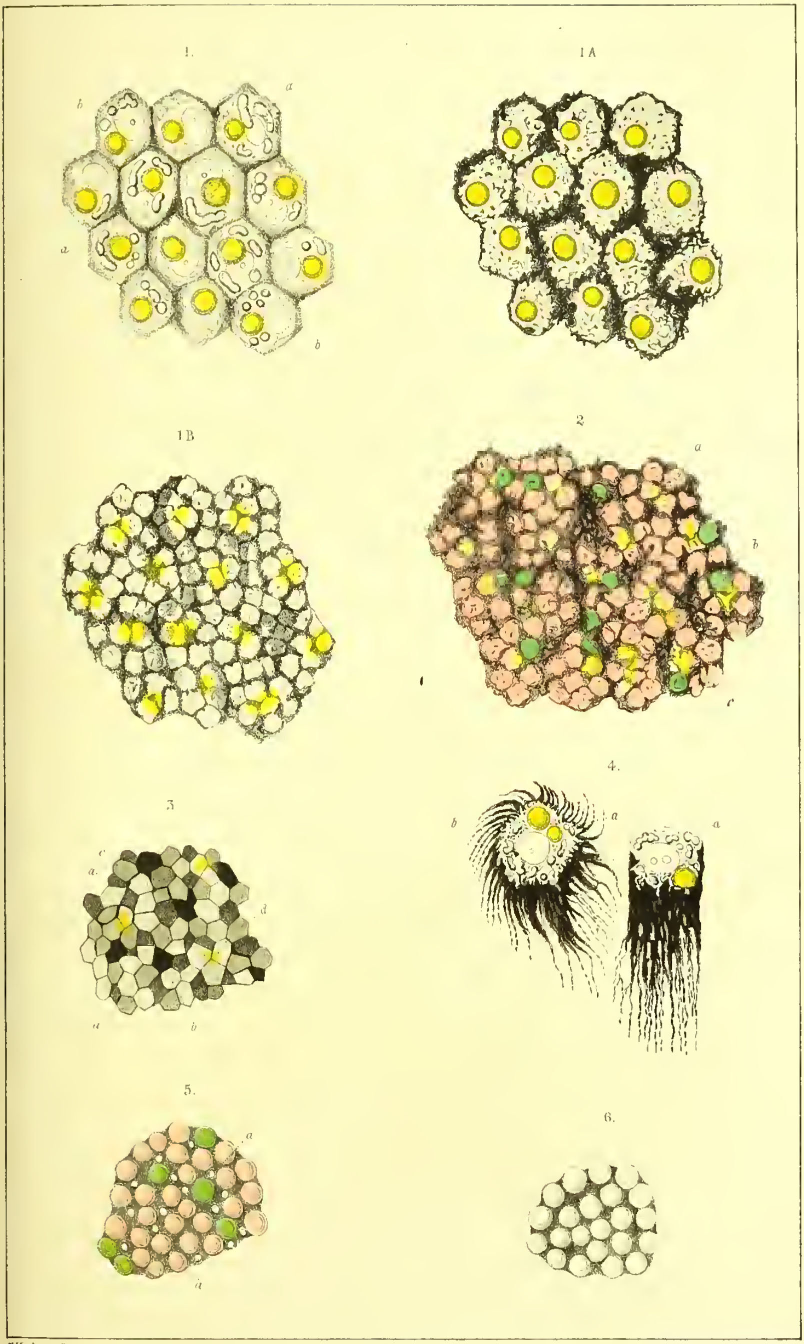

2.




Kühne fec.

Lith. Anst v E A Funke, Leipzig.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg




W. Kühne fec.

Lith. Anst v E A Funke, Leipzig
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

# Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders.

Von

Dr. **Th. Rumpf,**

Assistenzarzt der electro-therapeut. Station in Heidelberg.

---

Durch die methodische Verwendung der Verdauung zu histologischen Zwecken durch *Ewald* und *Kühne*[1]), hauptsächlich auf Grund des von *Kühne* aus dem Pankreas dargestellten Enzyms, des Trypsins, sind unsere Kenntnisse der nervösen Gewebe um mehrere unerwartete und äusserst wichtige Resultate bereichert worden.

Zunächst befestigten diese Untersuchungen wieder die Annahme, dass die Hülle der Nervenprimitivfaser dem Bindegewebe zugehört, während innerhalb derselben noch ein weiteres epitheliales Scheidensystem nachgewiesen wurde. Die genauere Erkenntniss dieses letzteren gab zugleich in Betreff des Nervenmarkes und seiner Hüllen wichtige Aufklärungen, und es ist diese letztere Thatsache um so erfreulicher, als erst mit der genaueren Einsicht in die bis jetzt vielfach so unklaren Markhüllen erwartet werden konnte, dass der wichtigste Theil der Faser, der Axencylinder der Untersuchung leichter zugänglich sein werde, als dieses seither der Fall gewesen.

---

[1]) *Ewald* und *Kühne:* Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems; Verhandlung. des naturhistor.-medicin. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge, Bd. I, Hft. 5.

Diesen wichtigen Errungenschaften durch die Verdauungsmethoden waren schon vorher einige auf anderem Wege erhaltenen Resultate vorausgegangen, die ebenfalls unsere Kenntniss des Markes und seiner Struktur wesentlich förderten.

So beschrieben *Schmidt*[1]) und *Lantermann*[2]) Einkerbungen der Markhülle, die von Strecke zu Strecke als eine Art Einschnitte schief zur Faseraxe verlaufen.

*Lantermann* glaubt auf Grund seiner durch Osmiumbehandlung gewonnenen Präparate die Nervenfaser aus einzelnen Abtheilungen zusammengesetzt, die in der Art mit einander verbunden seien, dass das stumpfkegelförmig zulaufende Ende der einen Abtheilung in eine entsprechende Aushöhlung der folgenden oder vorausgehenden passe, ohne dass diese Anordnung jedoch stets regelmässig oder in gleicher Weise statthabe. Bestätigt und weiter ausgeführt wurden diese Angaben *Lantermann*'s von *Kuhnt*[3]), der ausserdem die Meinung vertritt, dass auch an diesen Einkerbungen eine stärkere Diffussion in das Innere der Faser möglich sei, indem es ihm gelang, vermittelst der Argentum-nitricum-Lösung Fasern zur Beobachtung zu bringen, deren Axencylinder nicht allein an Stelle der Schnürringe *Ranvier*'s, welche dieser hauptsächlich für Diffussion und Stoffumtausch in Anspruch nimmt, sondern auch an Stellen, welche den in Rede stehenden Einschachtelungen des Markes entsprachen, stärker braun gefärbt waren.

Auch *Key* und *Retzius* haben diese Einkerbungen der Markscheide vor Augen gehabt, und geben in ihrem grossen Werke Abbildungen davon. Doch halten sie dieselben für Kunstproducte, ebenso *Hennig*[4]), der sie als Folge einer vorhandenen Neigung des Markes zur Spaltbarkeit betrachtet. Erwähnen muss ich noch, dass

---

[1]) *Monthly*, mikroskop. Journ. 1876.

[2]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.

[3]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.

[4]) Die Einschnürung. u. Unterbrech. d. Markscheide. Diss. Königsbg., 77.

*Lantermann* ausserdem aus seinen Osmiumpräparaten den Schluss zog, dass das Nervenmark aus stäbchenförmigen Elementen aufgebaut sei, die geneigt in radiärer Richtung vom Axencylinder zum Neurilemm verlaufen sollten. Dieselbe Stäbchenstructur des Markes wurde von *Mc'. Carthy* [1]) beschrieben. Doch schlossen sich weder *Kuhnt* noch *Key* und *Retzius*[2]) dieser Ansicht an; auch sie erhielten ähnliche Bilder, wie *Lantermann*, konnten sich aber von der Præexistenz dieser Stäbchen nicht überzeugen. *Kuhnt* führt aus, dass der optische Querschnitt der Stäbchen je nach der Anwendungsweise und Concentration der Osmiumsäure bald grösser, bald kleiner sei und glaubt, dass es sich nur um eine Färbung von postmortal entstehenden mehr oder weniger grossen Fettkügelchen handle.

Als einen weiteren Fortschritt in der Erkenntniss der sogenannten Markhüllen müssen wir ferner den bestimmten Nachweis einer Axencylinderscheide durch *Kuhnt* bezeichnen. Allerdings war schon *Remak* auf der Naturforscherversammlung zu Wiesbaden, als er seine Angaben über den Axencylinder, sein Primitivband, erweiterte, für die Existenz einer früher nur geahnten Scheide des Axencylinders eingetreten. *Hannover*[3]), *Mauthner*[4]), *Frommann*[5]) traten ebenfalls für dieses Gebilde auf.

Entscheidende Beweise für die Existenz der Scheide des Axencylinders brachte erst *Kuhnt* bei, indem es ihm gelang, durch Maceration von frischen Fasern in Salpetersäure Axencylinder darzustellen, an denen die Bruchenden sich dadurch auszeichneten, dass eine Membran um den herausragenden Axencylinder gefaltet

---

1) *Quarterly.* Journ. mikr. Sc. 1875.

2) Studien in der Anatomie d. Nervensystems u. d. Bindegewebes.

3) Recherches mikroskop. sur le système nerveux. Copenhague.

4) Beiträge zur näheren Kenntniss d. morphol. Elemente d. Nervensystems. Wien 1862.

5) Zur Silberfärbung des Axencylinders, Archiv für patholog. Anatom. und Physiol., Bd. XXXI.

war. In einer spätern Mittheilung erweiterte er dann seine Angaben über die Scheide des Axencylinders dahin, dass von ihr ausgehend und mit ihr verwachsen eine Membran zur *Schwann*'schen Scheide ziehe, die als Scheidewand zwischen je zwei Hohlcylindern des Markes ausgespannt sei.

Ob diese Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s die ganze Peripherie der Faser umfasst, geht aus der Mittheilung nicht deutlich hervor. Doch scheint die Ansicht, dass sie als Scheidewand der angeblich kegelförmig ineinander passenden Hohlcylinder des Markes ausgespannt sei, für die Anschauung einer vollständig um die ganze Peripherie gehenden trennenden Membran zu sprechen.

Die Einkerbungen der Markscheide wurden, wenn auch keineswegs in dem von *Kuhnt* beschriebenen Detail von *Boll*[1]) bestätigt, dem zur Zeit seiner erst vor Kurzem erschienenen Arbeit nur die *Schmidt*'schen Untersuchungen und die vorläufige Mittheilung *Lantermann*'s, sowie die ersten Ausführungen von *Key* und *Retzius* vorlagen. *Boll* hält die Einkerbungen der Markscheide, wie *Schmidt* und *Lantermann* für wirklich vorhandene Gebilde und nicht für Kunstproducte. Aber es kann sich nach seiner Schilderung hier nicht um vollständig um die Peripherie gehende membranöse Unterbrechungen der Markscheide handeln, da es ihm gelang, an Nervenfasern, welche in destillirtem Wasser zerzupft waren, Strömungen des Nervenmarks zu beobachten, das in zähflüssiger „schaumiger" Masse sich innerhalb der Scheiden ergoss, nirgends einen beträchtlichen Widerstand antraf, ja selbst an dem *Ranvier*'schen Schnürring kein wesentliches Hinderniss fand, sondern sich wie eine flüssige Masse vor dem Ring aufstaute, dann aber in beschleunigtem Fluss durch das verengte Strombett desselben hindurchgetrieben wurde.

---

1) Ueber Zersetzungsbilder der markhalt. Nervenfaser, Arch. f. Anatom. u. Physiol., 1877.

Leider hat *Boll* die theilweise länger als Jahresfrist früher erschienenen Arbeiten von *Kuhnt*, *Ewald* und *Kühne*, *Key* und *Retzius* nicht mehr berücksichtigt. Nothwendiger Weise folgen hieraus einige Irrthümer, welche sich bei Berücksichtigung der früheren Arbeiten hätten vermeiden lassen. Auf einige Einzelheiten in dieser Beziehung werde ich später noch zurückkommen müssen. Zu erwähnen bleibt mir hier nur noch, dass *Boll* wesentlich aus theoretischen Betrachtungen auf das Vorhandensein der schon früher nachgewiesenen Axencylinderscheide schliesst.

Eine allerdings wesentlich auf eigene Beobachtungen gestützte Zusammenstellung unserer Kenntnisse über die Nervenfaser bringt *Ranvier* in seinen „Leçons sur l'hystologie du système nerveux". Bis auf die *Ewald-Kühne*'sche Mittheilung über die Hornscheiden sind die hauptsächlichen neueren Arbeiten berücksichtigt. Bei der Menge des Stoffes ist es natürlich nicht möglich, an dieser Stelle ein Referat über jenes Buch zu geben; auf einzelne Angaben werde ich jedoch später zurückkommen müssen. Ausführliche Berücksichtigung haben die Markhüllen gefunden, wobei *Ranvier* Bilder erhielt, welche mit denen von *Schmidt*, *Lantermann*, *Kuhnt* theilweise übereinstimmen.

Allen diesen Bildern, die sich bei der Untersuchung der Structurverhältnisse des Marks auf verschiedenem Wege ergaben, lagen wohl zum grossen Theil einzelne Abschnitte der erst durch *Ewald* und *Kühne* in ihrem ganzen Zusammenhang nachgewiesenen Scheiden zu Grunde.

Den beiden Forschern gelang es nämlich, durch eine Reihe neuer Untersuchungsmethoden innerhalb der *Schwann*'schen Scheide ein neues Scheidensystem nachzuweisen, das aus zwei ineinander gesteckten Röhren besteht, von welchen die äussere das Mark gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliesst, während die innere den Axencylinder umhüllt. Zwischen diesen beiden Scheiden, innerhalb deren sonach das eigentliche Mark gelagert ist, waren

noch aus demselben Material bestehende Verbindungsglieder ausgespannt, die, wie sich an Querschnitten von peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes nachweisen liess, von Strecke zu Strecke als eine Anzahl Balken von der innern zur äussern Scheide zogen. In ihrem chemischen Verhalten zeigten diese Scheiden bei der Untersuchung vermittelst der Verdauungsmethoden eine grosse Aehnlichkeit mit verhornten Epithelien und Hornsubstanz überhaupt, wesshalb *Ewald* und *Kühne* die bei der Verdauung übrigbleibenden scheidenartigen Gerüste als Hornscheiden bezeichneten.

Wie ich schon oben angeführt habe, war diese Einsicht in die Structur des Markes für die Untersuchung des Axencylinders von grosser Bedeutung. Speziell musste durch den sichern Nachweis und die jetzt wesentlich erleichterte Unterscheidung der Axencylinderscheide der Axencylinder sicherer differenzirt werden können, als es bisher möglich war, und es schien auf Grund dieser Ergebnisse die Frage nicht ungerechtfertigt, ob alle die verschiedenen, als Axencylinder beschriebenen Gebilde, die sich nicht nur durch ihre Structur, sondern auch durch ihren Breitendurchmesser im Verhältniss zu den übrigen Theilen der Faser ganz wesentlich unterscheiden, in Wirklichkeit als gleichwerthige Gebilde, als der unter der Einwirkung von Reagentien nur mehr oder weniger veränderte Axencylinder betrachtet werden können.

Es fiel diese Frage zum Theil zusammen mit dem Studium der chemischen Beschaffenheit des Axencylinders, über deren Bedeutung für unsere Kenntnisse der Function der Nervenfaser ich wohl nichts hinzuzufügen brauche.

Dass der eigentlichen Untersuchung des Axencylinders Vorarbeiten über das Mark und sein Verhältniss zum Axencylinder vorausgehen mussten, ist selbstverständlich.

Ich kann mich in der Wiedergabe dieser Untersuchungen kurz fassen, da Ausführliches darüber von *Ewald* und *Kühne*

demnächst erscheint, und werde daher auf jene Darstellungsmethoden der Scheiden nur so weit eingehen, als es für die spätere Untersuchung des Axencylinders nothwendig ist.

Dagegen kann ich einige andere Methoden zum Studium der Nervenfaser mit Inbegriff des Markes nicht ganz übergehen, da dieselben für die Untersuchung des Axencylinders ebenfalls in Betracht kommen.

Ich werde daher erst in einem weiteren Theil zum Studium dieses Letzteren selbst übergehen.

Der Nachtheil, dass einzelne Wiederholungen durch diese Trennung nicht immer umgangen werden können, dürfte dadurch aufgewogen werden, dass wir mit Rücksicht auf das Vorhergehende im zweiten Theil die Scheiden mehr unbeachtet lassen können, und so für die Untersuchungsmethoden des Axencylinders eine gewisse Uebersicht gewinnen.

Vorausschicken muss ich noch, dass im Folgenden hauptsächlich der periphere markhaltige Nerv berücksichtigt wurde, wenn auch eine vergleichsweise Heranziehung der weissen Stränge des Rückenmarks hie und da nothwendig war.

Benutzt wurde zum Studium meistens der Nervus ischiadicus von Rana esculenta. Doch wurden auch Nerven vom Kaninchen, Ochsen und Menschen zum Vergleich herangezogen, was an den betreffenden Stellen erwähnt wird.

Zur Untersuchung der weissen Stränge diente das Rückenmark vom Ochsen und Menschen.

## Die Scheiden des Markes.

Auf die Behandlung der Nervenfasern mit Alkohol und Aether brauche ich nur insoweit einzugehen, als es zur Sichtbarmachung des Axencylinders in den Scheiden für spätere Untersuchungen und zum Vergleich mit den Resultaten anderer später folgender Methoden nothwendig ist.

Um mit diesen Reagentien die Fette des Markes zu entfernen, wurden Nerven nach 24stündigem Liegen in Alkohol in diesem auf dem Wasserbade erhitzt und 10—15 Minuten in Siedetemperatur erhalten. Nach der Abkühlung wurden sie in der Regel 24 Stunden mit Aether behandelt.

Zur Untersuchung mit Hämatoxylin gefärbt, zeigte die Faser der *Schwann*'schen Scheide anliegend die beschriebene äussere weitmaschige Hülle und innerhalb dieser einen ziemlich schmalen blau gefärbten axialen Faden ohne Varikositäten und Verengungen von etwas körnigem Aussehen, der alle Biegungen und Krümmungen der Faser möglichst vermeidet und so bald der einen, bald der anderen Seite der äusseren Scheide anliegt. Einzelne Zwischenbalken lassen sich auch an diesem Präparat von der äusseren Scheide zum Axencylinder verfolgen.

Eine Differenzirung der inneren Scheide ist bei dieser Methode nicht möglich, da wir in dem blau gefärbten Strang den Axencylinder sammt seiner Scheide vor uns haben. Der zwischen dem centralen Gebilde und der äusseren Scheide liegende Hohlraum, aus welchem das Mark entfernt ist, zeigt keine Unterbrechung seines Lumens. Auch an den *Ranvier*'schen Schnürringen ist eine solche nicht vorhanden. Hier erleidet die äussere Scheide eine Einknickung, ohne dass jedoch eine vollständige Abschliessung des Hohlraumes für das Mark daraus resultirt.

Die Zwischenbalken erweisen sich auf Querschnitten als einzelne feinere Balken, von welchen von Strecke zu Strecke in der Regel drei von dem inneren Gebilde zu der äusseren Scheide ziehen.

Durch Verdauung des Axencylinders lässt sich an dem inneren Gebilde die den Axencylinder umhüllende Scheide leicht darstellen, wie dieses von *Ewald* und *Kühne* genauer ausgeführt ist. Bei dieser Verdauung bleibt auch von der äusseren, das Mark gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliessenden Hülle und den Zwischenbalken ein mehr oder minder grosser Theil er-

halten. Es widersteht dieser der Verdauung mit Pepsin und Trypsin in gleicher Weise, wie verhornte Epithelien und Hornsubstanz.

Da *Ewald* und *Kühne* diese Frage noch ausführlich behandeln, so kann ich davon abstehen, zu untersuchen, in wie weit die durch Alkohol und Aether oder durch einige andere Methoden sichtbar werdenden Scheiden ausschliesslich dem Horngewebe angehören. Selbstverständlich können wir den Namen Hornscheiden in seiner eigentlichen Bedeutung nur dem der Verdauung widerstehenden Reste der Scheiden geben. Mit den wirklichen Hornscheiden sind die durch Alkohol und Aether sichtbar gemachten somit in keiner Weise identisch; sie führen neben dem Horngerüst noch verdauliche Eiweissstoffe. Zur deutlichen Bezeichnung wird sich desshalb für die durch Alkohol und Aether, oder durch andere Methoden ohne Verdauung dargestellten Scheiden der Ausdruck Horn führende Scheiden empfehlen. Es kann nicht meine Absicht sein, näher auf diesen Punkt einzugehen. Um irrthümliche Auffassungen zu vermeiden, glaubte ich jedoch die letztere Thatsache hervorheben zu müssen.

Das Wesentlichste für unsere Untersuchungen dürfte Das sein, dass sich durch diese Methode der Entmarkung der Axencylinder in engem Zusammenhang mit seiner Scheide im Innern der Faser nachweisen lässt.

Diesen und den andern Darstellungsmethoden der Horn führenden Scheiden von *Ewald* und *Kühne* durch Galle etc., kann ich zwei weitere hinzufügen. Die eine davon besteht in der Entfernung der Fette des Markes durch **Chloroform**, das schon *Tizzoni*[1]) in einer vorläufigen Mittheilung empfohlen, ohne allerdings die genaueren Details seiner Methode anzugeben.

Verschiedene Versuche, die ich mit dem Reagens anstellte,

---

[1]) Centralbl. für die med. Wissenschaft 1878, Nr. 13. *Tizzoni* glaubt, irrthümlicher Weise durch Chloroform die Hornscheiden darzustellen. Aus

lehrten Folgendes: Bei der Chloroformbehandlung der Nerven in Zimmertemperatur gelingt es nicht, die Scheiden leer darzustellen. Der zurückbleibende, als krümliche Masse in den Scheiden sich darbietende Körper ist jedenfalls das in kaltem Chloroform unlösliche Cerebrin. Da sich jedoch bei höherer Temperatur auch dieses löst, so war hiermit ein neues Mittel zur Darstellung der Scheiden gegeben. Die grosse, bis jetzt noch nicht erwähnte Schwierigkeit bei der Behandlung der Nerven mit Chloroform war nur die, dass dieses nur wenig Wasser aufnimmt und so nur sehr langsam in den Nerven eindringt. Man kann dieses Eindringen erleichtern, indem man die Fasern zuvor kurze Zeit durch Alkohol entwässert. Doch war es ja wünschenswerth, bei der Behandlung mit Chloroform die Wirkung des Alkohols vollständig auszuschliessen. Es geschah Dieses dadurch, dass gut zerzupfte Nerven zunächst einen Tag in kaltem Chloroform verblieben, das in Folge der Wasseraufnahme ein milchiges Aussehen annahm. Sodann wurden die Nerven in frischem Chloroform in eine Glasröhre eingeschmolzen und darin im Wasserbade erhitzt. Ein 20—30 minutenlanges Verweilen in dem siedenden Wasser genügte zur Entmarkung vollständig. Nach der Abkühlung verblieb der Nerv noch 24 Stunden im Chloroform und wurde dann zum Auswaschen desselben in Wasser gelegt. Rascher erfolgte das Auswaschen durch Alkohol. Doch wurde aus dem schon angeführten Grund meist nur Wasser verwendet, wozu allerdings dann meist ein Tag nothwendig war.

Die Untersuchung der gleichfalls mit Hämatoxylin gefärbten Fasern ergab nun: Innerhalb der *Schwann*'schen Scheide zeigt sich dieselbe maschige Scheide, wie sie sich bei der Behandlung mit

---

dem oben Gesagten geht wohl zur Genüge hervor, dass wir die nur durch Chloroform sichtbar werdenden Scheiden eben so wenig als Hornscheiden auffassen dürfen, wie die nach der Alkohol-Aetherbehandlung hervortretenden und sicher schon lange vor den neueren, der Verdauungsmethode zu dankenden Aufschlüssen vielfach gesehenen Bildungen.

Alkohol und Aether dargeboten hatte. Wesentlich verschieden aber ist das Bild im Innern der Faser. Hier sieht man nicht den einen blaugefärbten centralen Faden, wie er sich nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether darbietet und den Axencylinder sammt seiner Scheide umfasst, sondern zwei Gebilde sind deutlich zu unterscheiden. In spiralförmigen Windungen verläuft ziemlich im Centrum der Faser ein blaugefärbtes gekörntes Gebilde, das durch einen deutlichen Zwischenraum getrennt, beiderseits von einem feinen Contour umhüllt wird, der in geringem Grade gefärbt, den Biegungen und Krümmungen des Axencylinders nicht folgt, hie und da einzelne Verbindungsbalken zur äusseren Scheide erblicken lässt und jedenfalls die Axencylinderscheide ist. Es resultirt aus dieser Behandlung zwischen dem Axencylinder und seiner Scheide ein periaxialer Raum, etwa wie ihn *Klebs* schon vor längerer Zeit als normales Gebilde in Anspruch genommen hat.

Wir haben also in dem Chloroform ein Mittel, ohne Aether- und namentlich ohne Alkoholbehandlung die beiden das Mark umhüllenden Scheiden sammt ihren Verbindungsstücken vollständig darzustellen. Durch nachfolgende Verdauung lassen sich dann aus diesen Horn führenden Scheiden die eigentlichen Hornscheiden leicht darstellen.

Dasselbe ist auch bei der zweiten Methode der Fall, bei der Darstellung der Markscheiden durch destillirtes Wasser.

Doch wird es zuvor nöthig sein, auf einige Einwirkungen des Wassers und ähnlicher Reagentien näher einzugehen.

Schon seit Langem ist es bekannt, dass unter dem Einfluss von Wasser in der frischen, direct aus dem Frosch entnommenen und gut zerzupften Nervenfaser Veränderungen eintreten, die sich im Wesentlichen dadurch charakterisiren, dass ein Theil des Inhaltes der Faser und zwar, wie sich deutlich verfolgen lässt, das Nervenmark nach dem Schnittende strömt, austritt und hier, mehr oder weniger verändert, zu grossen Klumpen zusam-

mengeballt, anklebt oder auch von der Faser losgerissen in der Präparatflüssigkeit umhertreibt.

Wie schon oben erwähnt, hat *Boll* diesen Veränderungen der Nervenfaser eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet. Er verfolgte dieselben unter der Einwirkung von destillirtem Wasser, in welchem auch die Strömungserscheinungen im Innern der Faser sich deutlicher übersehen lassen.

*Boll* glaubt, dass das Nervenmark sich unter der Einwirkung von destillirtem Wasser in eine quellende, schäumende Masse verwandelt, die innerhalb der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen und am Austreten gehindert, nach dem freien Ende der Faser einen Ausweg suche. Als wesentlich muss ich aus den *Boll*'schen Untersuchungen hervorheben, dass auch der *Ranvier*'sche Ring für dieses strömende Mark kein Hinderniss war. Es fand allerdings an dem Schnürringe eine Stauung statt, wie sie bei dem verengten Strombett zu erwarten war; aber das Hindurchströmen des Markes erfolgte im Uebrigen ungestört. Auch ein sonstiges Hinderniss im Verlaufe der Faser erwähnt *Boll* nicht.

Dieselben Strömungserscheinungen des Markes schildert *Ranvier* in seiner neuesten Arbeit. Er benutzte jedoch zur Hervorrufung derselben gewöhnliches Wasser. Indessen stimmen die Angaben von *Boll* und *Ranvier* insofern nicht überein, als der Letztere ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Einschnürung nicht beobachtete. *Ranvier* gibt an, dass an der Einschnürung das strömende Nervenmark ein Hinderniss findet und bei intacter *Schwann*'scher Scheide diese ausdehne, aber nicht aus der Faser austrete.

Auch *Boll* lässt die *Schwann*'sche Scheide das Nervenmark direct umhüllen.

Gerade dieser Umstand, dass sowohl *Boll* als *Ranvier* in Unkenntniss mit der das Mark nach aussen gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliessenden äusseren Hülle glauben, dass das

Nervenmark direct durch die *Schwann*'sche Scheide am Austreten verhindert sei, musste ein Wiederaufnehmen dieser Versuche auf Grund der neu entdeckten Umhüllungen wünschenswerth machen. Ausserdem aber kam die zwischen *Boll* und *Ranvier* bestehende Differenz über die Durchgängigkeit der *Ranvier*'schen Schnürringe in Betracht, welche der Entdecker derselben in Uebereinstimmung mit seiner Ansicht von einer engeren Verbindung des Axencylinders mit der *Schwann*'schen Scheide an dieser Stelle für ein Strömungshinderniss hält, und ferner musste sich daran die Frage anschliessen, ob diese Strömungserscheinungen nicht durch die in neuerer Zeit von den verschiedensten Forschern beschriebenen Unterbrechungen der Markscheide innerhalb zweier *Ranvier*'schen Schnürringe irgendwie beeinflusst würden. Was die Stellung der hornführenden Scheiden zu diesen Strömungserscheinungen betrifft, so brauche ich wohl kaum zu erwähnen, dass dieselben innerhalb der äusseren und inneren Scheide sich vollziehen müssen.

Demgemäss war nach unseren Untersuchungen an dem *Ranvier*'schen Schnürring auch kein vollständiges Hinderniss für den Durchgang des Markes zu erwarten.

Die äussere hornführende Scheide geht nach sämmtlichen Untersuchungen ununterbrochen durch die Schnürringe hindurch und erleidet nur entsprechend der Einknickung der *Schwann*'schen Scheide ebenfalls eine Einknickung. Somit entsteht auch an dieser eine Einschnürung, während die Axencylinderscheide unverändert durch den Ring hindurchgeht. Durch diesen Ring resultirt allerdings eine Verengerung des Strombettes; indessen habe ich nie ein Präparat gesehen, an welchem eine vollständige Unterbrechung desselben, eine Einschnürung der äusseren Scheide bis auf die innere oder ein um die ganze Peripherie der Faser gehender Zusammenhang dieser beiden nachweisbar gewesen wäre. Diese Befunde liessen für die Markströmungen zwar eine Ein-

engung, jedoch kein vollständiges Hinderniss erwarten. Weitere Aufklärung aber mussten diese Veränderungen des Markes in Betreff der Einkerbungen der Markscheide innerhalb zweier Schnürringe geben.

Innerhalb dieser sollte die Markscheide in eine Anzahl vollständig getrennter Faserglieder oder Hohlcylinder zerfallen, deren Grenze als wirkliche meist schräg von der Peripherie bis zum Axencylinder reichende Markunterbrechung die ganze Nervenfaser umfassen sollte.

Ging nun die als Grenze dieser Hohlcylinder beschriebene Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s, die nach Allem mit den Zwischenbalken der Hornscheide identisch zu sein scheint, um die ganze Peripherie der Faser von der Axencylinderscheide oder innern hornführenden Scheide bis zur äusseren herum, so war ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Hohlcylinder unmöglich.

Allerdings war Dieses aus unseren Befunden in keiner Weise zu erwarten. Darnach existiren Zwischenmarkscheiden als Verbindungsglieder der beiden Scheiden nur als einzelne, von der äusseren zur inneren hornführenden Scheide ziehende Balken, deren man auf Querschnitten von den peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes in der Regel drei von ziemlicher Feinheit sieht, die ein Hinderniss für Strömungen innerhalb des Hohlraumes in keiner Weise abgeben können.

Zerzupft man nun einen frischen, direct aus dem Frosch genommenen Nerven auf dem Objectträger und setzt alsdann einen oder mehrere Tropfen destillirten $H_2O$ hinzu, so beobachtet man zunächst Veränderungen, die sich im Wesentlichen auf Verlust der Durchsichtigkeit und der Homogenität der einzelnen Faser beziehen. Wie es schon *Boll* beschreibt, werden aus den schmalen, stark lichtbrechenden Bändern breitere Gebilde, die langsam von der Peripherie her undurchsichtig werden und Bilder bieten, die

sich wohl am einfachsten durch Gerinnungsvorgänge im Mark erklären lassen. Nach kurzer Zeit aber sieht man, wie sich aus dem freien Ende einzelner Nervenfasern unregelmässige Ballen ergiessen, die theils den Eindruck von geronnenen Schollen machen, theils den einer mehr flüssigen, eine Menge fester Körnchen enthaltende Masse.

Verfolgt man die Faser weiter, so sieht man innerhalb derselben eine ziemlich gleichmässig nachrückende Strömung von beträchtlicher Geschwindigkeit, die im ganzen Verlaufe kein Hinderniss trifft und auch durch den *Ranvier*'schen Schnürring vielfach ohne Störung, allerdings wie durch ein verengtes Strombett sich ergiesst. Doch findet, indem nur kleinere Mengen der flüssigen Masse die Einschnürung durchströmen, vor derselben auch vielfach eine Stauung statt, wodurch unter dem Druck der nachrückenden Massen meist eine Ausbuchtung der Scheiden entsteht. Noch interessanter ist das Bild, wenn ein grösserer, weniger flüssiger Ballen plötzlich einen Theil des durchgängigen Ringes im Gesichtsfeld verlegt. An einem der ersten *Ranvier*'schen Schnürringe, den wir an solchem Präparat zu Gesicht bekamen, fand eine ziemliche Stauung statt. Hier war der grösste Theil des sichtbaren Ringes durch einen grösseren Ballen verschlossen; und nur an einer Stelle trieb eine Anzahl kleinerer Körnchen hindurch. Plötzlich ergoss sich darauf anscheinend unter dem Druck des nachrückenden Markes eine nicht unbeträchtliche theils anscheinend geronnene, theils noch flüssige Masse hindurch, die sich, auf der andern Seite der Einschnürung angekommen, nach beiden Seiten mit grosser Geschwindigkeit ausbreitete, die schon zusammengefallenen Scheiden wieder stärker ausdehnte und dann in mehr ruhigem Flusse dem offenen Ende der Faser zutrieb. Dieser Vorgang lässt sich an demselben Präparat oft an mehreren Schnürringen verfolgen. Später entleeren sich die vom Schnittende nicht zu weit entfernten Theile der Fasern immer mehr und es

tritt jetzt ein anderes Bild in den Vordergrund. Die während des Strömens des Nervenmarkes nicht sehr deutliche Trennung der Nervenfaser in Markscheide und Axencylinder, sowie die Einkerbungen des Markes treten wieder deutlich hervor, aber an Stelle des zuvor keineswegs sehr breiten Axencylinders befindet sich jetzt ein centrales Gebilde, das mehr als die Hälfte der Nervenfaser einnehmend, eine homogene Struktur und einen vollständig gleichmässigen Breitendurchmesser aufweist. Umgeben ist dieses Gebilde zu beiden Seiten von jenen beträchtlich verschmälerten Hohlcylindern, deren Einschnitte nun mehr an einzelnen Stellen sich bis auf das centrale Gebilde selbst erstrecken, an andern jedoch noch durch einen deutlichen Zwischenraum von diesen getrennt zu sein scheinen. Hat man es günstig getroffen, so kann man oft sehen, wie sich innerhalb des trennenden Raumes zwischen dieser Einkerbung und dem centralen Gebilde noch einzelne Theile restirender schaumiger Masse ergiessen, die noch dazu öfters die innere Grenze der Einkerbung verwischen und so mehr unter oder über dieser hindurchzugehen scheinen.

Mit dem Aufhören der Entleerung des Markes tritt an einzelnen Stellen die Scheidung der Nerven in die Markhüllen und den Axencylinder gut hervor. Neben dem kaum sichtbaren Contour der *Schwann*'schen Scheide sieht man dann den zusammengefallenen Rest der Markscheiden mit ausserordentlicher Deutlichkeit und an ihnen erkennt man als Grenze der schon erwähnten Hohlcylinder jene Einkerbungen, die sich nach dieser Behandlung im Wesentlichen als schräg zur Axe der Faser verlaufende Einschnitte darbieten und die Markhüllen bis zum Axencylinder vollständig zu unterbrechen scheinen. Dass diese Einkerbungen die ganze Peripherie der Faser umfassen, war jedoch an diesen Präparaten nicht zu constatiren, ja nicht einmal wahrscheinlich. Meist bedarf es zur vollständigen Deutlichmachung und zur Verfolgung des Verlaufs derselben von der Peripherie

bis zum Centrum einer wechselnden Einstellung des Mikroskops, was wohl nur darauf bezogen werden kann, dass die Richtung dieser Einkerbung nicht in der Horizontalen liegt, sondern vielfach schräg zu dieser verläuft. Ferner möchte ich erwähnen, dass zwei correspondirende Einkerbungen nur selten in gleicher Höhe lagen und es bei Untersuchung mit dem Immersionssystem vielfach vorkam, dass eine Einkerbung jeweils nur auf der einen Seite constatirt werden konnte und dass diese mit der Verstellung der Schraube unsichtbar wurde, während die gegenüberliegende hervortrat.

Dieses ist so ziemlich das Bild, wie es sich in den entleerten Fasern darbietet, und das sich lange Zeit beobachten lässt. Ich kann mit *Boll* keineswegs übereinstimmen, der der Meinung ist, dass der veränderte Axencylinder zuletzt mit der veränderten Markscheide zusammenfliesst und verschmilzt, und wenn er Fasern vor Augen hatte, an denen eine homogene, zähflüssige Masse, schaumigen Aussehens, den alleinigen Inhalt der *Schwann*'schen Scheide (wie er glaubt) auszumachen schien, so sind das entschieden solche gewesen, an welchen das Mark wegen der weiten Entfernung des Schnittendes der Faser sich nicht entleeren konnte.

Die entleerten Fasern bieten mit ihrem verbreiterten Axencylinder und den verschmälerten Markhüllen ein ganz charakteristisches Bild, das sich ausserordentlich lange erhält; jedenfalls lässt sich eine weitere etwaige Veränderung der Faser wegen der Langsamkeit der Vorgänge unter dem Mikroskop nur schwer verfolgen; eine eigentliche Auflösung und Tropfenbildung am Axencylinder, wie sie *Boll* beschreibt, konnte ich nicht beobachten.

Welche Schlussfolgerungen können wir nun aus diesen Vorgängen innerhalb der Nervenfaser betreffs der Structur derselben ziehen?

Dass im Niveau des *Ranvier*'schen Schnürringes ein stärkerer Widerstand sich dem fliessenden Mark entgegen stemmt,

dass hier eine Verengerung des Strombettes stattfindet, hat schon *Boll* hervorgehoben. Aber das Strombett kann in keiner Weise unterbrochen sein, und es stimmt dieses auch vollständig mit den schon oben hervorgehobenen Ergebnissen unserer Untersuchungen, nach denen an dem Schnürringe nur eine ringförmige Einschnürung der äussern hornführenden Scheide Statt hat. Ebensowenig kann aber eine Unterbrechung des Strombettes an den Einkerbungen des Markes zwischen den sogenannten Fasergliedern oder Hohlcylindern vorhanden sein. Dass diese Einkerbungen wenigstens insofern präformirten Structurdifferenzen ihre Entstehung verdanken, als hier Zwischenbalken der Markscheiden ausgespannt sind, scheint mir nicht zweifelhaft zu sein. Aber die Zwischenmarkscheiden scheinen auch nach diesen Untersuchungen keineswegs die ganze Peripherie der Faser zu umfassen; ja es scheint, dass sie von dieser so wenig einnehmen, dass nicht einmal eine Verengerung des Strombettes, durch sie bedingt, sich innerhalb der Faser bei den Strömungen des Markes kenntlich macht.

Wie schon erwähnt, beziehen sich diese Beobachtungen auf Fasern, die in destillirtem Wasser zerzupft waren. Weniger intensiv sind die Erscheinungen bei Behandlung mit gewöhnlichem Wasser und vielleicht ist Dieses die Ursache, dass *Ranvier* kein Hindurchströmen des Markes durch die Einschnürung beobachtet hat, wiewohl ich dieses allerdings mit dem sehr reinen Heidelberger Leitungswasser stets zu beobachten Gelegenheit hatte. Anscheinend werden mit zunehmendem Salzgehalte der Reagentien die Strömungserscheinungen weniger intensiv und hören bald ganz auf. So lassen sich schon in $^1/_4\,\%$ Kochsalzlösungen derartige Erscheinungen nicht mehr beobachten und nur an wenigen vereinzelten Fasern sieht man aus dem Schnittende geringe Mengen Markes austreten. Dasselbe ist der Fall bei Behandlung der Fasern mit Salzsäure von $0{,}1\,\%$.

Am intensivsten treten, soweit ich bis jetzt sehe, die Strömungserscheinungen bei Behandlung der Fasern mit drei Reagentien auf, bei Behandlung mit Kalilauge, von welcher ich eine 0,1 procentige benutzte, bei Behandlung mit Essigsäure, und zwar sowohl mit Eisessig als mit verdünnten Lösungen und bei Behandlung mit der *Moleschott*'schen Essig-Alkoholmischung, auf welche ich später noch zurückkommen werde und die jedenfalls hauptsächlich durch ihren Essigsäuregehalt wirkt.

Bei Behandlung der frischen Fasern mit Kalilauge und Essigsäure erfolgt die Entleerung der Scheiden mit solcher ausserordentlichen Schnelligkeit und die Strömungen treten so rasch auf, dass man sich mit dem Anfertigen des Präparats beeilen muss, sonst sieht man nur kolossale Mengen zusammengeballten, unregelmässig geformten Markes an dem Schnittende der Faser lagern, oder in der Präparatflüssigkeit umhertreiben. — In der Erklärung dieser Erscheinungen stimme ich weder mit *Boll* noch mit *Ranvier* überein.

*Boll* hat diese Strömungserscheinungen des Nervenmarkes so aufgefasst, dass sich durch die beständig fortschreitende Wasseraufnahme der Aggregatzustand des zuvor allerdings zu concentrischen Schichten geronnenen Markes ändere, dass dasselbe zunächst zähflüssig, dann ganz leichtflüssig werde, und sich endlich aus dem Schnittende ergiesse, wahrscheinlich, weil die Eindämmung in die verhältnissmässig festen Hüllen der weiteren Ausdehnung ein Hinderniss entgegen setze. Derselben Ansicht ist auch *Ranvier*, nur dass diesem auch die Quellung des Axencylinders nicht entgangen ist; doch schreibt er derselben einen Einfluss auf die Strömungserscheinungen des Markes nicht zu. Gegen diese Meinungen, dass es sich bei den beschriebenen Vorgängen nur um eine primäre Veränderung des Markes durch Wasseraufnahme handle, konnte ich schon bei meinen ersten Untersuchungen einige Bedenken nicht unterdrücken. Einerseits

schien mir die leicht zu machende Beobachtung, dass das aus der Faser ausgetretene Mark sich in der umgebenden Flüssigkeit kaum verändert, sondern nach dem Austritt alsbald mehr oder weniger erstarrt eine Zeitlang am Schnittende kleben bleibt, dann weggetrieben wird und unter dem Deckglas in Schollen umhertreibt, mehr für einen secundären Vorgang im Mark zu sprechen. Andererseits war ja am Axencylinder sowohl bei der Behandlung mit reinem Wasser als mit Kalilauge und Essigsäure jene äusserst beträchtliche Quellung zu constatiren, die schon als eine Veranlassung zur Compression des Markes in seinen Scheiden und dem daraus resultirenden Austritt aus dem Schnittende betrachtet werden konnte.

*Ranvier* glaubt, die Quellung des Axencylinders dafür nicht verantwortlich machen zu müssen, da die *Schwann*'sche Scheide, die vielfach während der Strömungen zahlreiche Falten und auch Auftreibungen zeigt, Raum genug für Quellungsvorgänge in der Faser darbiete.

Bei diesem oft zu constatirenden Verhalten der *Schwann*'schen Scheide hätte nun die Thatsache, dass das Mark überhaupt austritt, wunderbar erscheinen müssen. Die Entdeckung der äusseren, das Mark in ein engeres Strombett einschliessenden weniger elastischen Scheide musste diesen Vorgang erst verständlich machen. Wird durch eine Quellung des Axencylinders, die sich auch an entmarkten Fasern durch Kalilauge und Essigsäure nachweisen lässt, ein Druck ausgeübt, so muss, nachdem eine Dehnung der Scheiden nicht weiter möglich, die Faser sich eines Theils ihres Inhaltes entledigen.

Entschieden konnte übrigens diese Frage, ob es sich um einen nur primären oder secundären Vorgang im Mark handle, erst dadurch werden, dass eine Faser mit intaktem Mark und fehlendem Axencylinder der gleichen Untersuchung unterworfen wurde.

Es gelang mir dieses mit Hilfe einiger anderer später folgender Untersuchungsergebnisse durch die Löslichkeit des Axencylinders in schwachen Kochsalzlösungen, die, wie ich schon hervorgehoben habe, das Mark nicht in sichtbarer Weise beeinflussen. Durch Bestimmung der Gerinnungstemperatur des Axencylinders war ich auch in den Stand gesetzt, Fasern zu untersuchen, von welchen der Axencylinder in den einen gelöst, in den andern vorhanden war. Dabei waren die letzteren nur einer um wenige Grade höheren Temperatur ausgesetzt gewesen, als die ersteren. Indem ich nun die stärker erhitzte und ihres Axencylinders nicht beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge untersuchte, zeigten sich dieselben Strömungserscheinungen des Markes, die ich zuvor als charakteristisch für die Behandlung mit Kalilauge geschildert habe. Mit ausserordentlicher Schnelligkeit ergossen sich grosse Mengen theils zusammengeballten, theils schaumigen Markes aus dem Schnittende der Faser. In den entleerten Scheiden zeigte sich dann der gequollene Axencylinder. Untersuchte ich jedoch die ihres Axencylinders beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge, so traten wohl gleichfalls hie und da geringe Strömungen innerhalb des Markes auf; doch erfolgten dieselben ausserordentlich langsam, und nur geringe Mengen Markes traten aus dem Schnittende der Faser aus. Der Anblick machte im Verhältniss zu dem frühern Präparate den Eindruck, als fehle der grösste Theil der treibenden Kraft.

Die Angabe von *Boll* und *Ranvier*, dass es sich nur um eine primäre Veränderung des Markes handelt, dürfte demnach dahin umzuändern sein, dass das Mark unter der Einwirkung der beschriebenen Reagentien zwar primäre Veränderungen eingeht, dass jedoch die starken Strömungserscheinungen wesentlich der Veränderung des Axencylinders zugeschrieben werden müssen.

Ich habe vorhin schon auf gewisse Bilder aufmerksam gemacht, welche sich nach Ablauf dieser stürmischen Vorgänge an der Faser

darbieten. Eigentlich konnte erwartet werden, dass mit der Entleerung des Markes die Hüllen desselben, jedenfalls aber die äussern deutlich hervortreten würden. Indessen ist das nicht gleich der Fall. Erst wenn nach längerer Einwirkung eine weitere Veränderung mit dem Axencylinder und vielleicht auch noch mit den Markresten vor sich gegangen ist, treten die Scheiden desselben deutlich hervor.

Untersucht man Nerven, die gut zerzupft 24 Stunden in destillirtem Wasser gelegen haben, so ist das Bild ein vollständig anderes, als das, welches sich bei directer und sogar langer Beobachtung auf dem Objectträger dargeboten hat. Zunächst zeigt sich, dass das ausserordentlich breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder nicht mehr wie früher vorhanden ist. Im Centrum der Faser befindet sich jetzt ein weit schmäleres, feine Längsstreifen zeigendes Gebilde. Dadurch ist der zuvor sehr schmale Hohlraum für das Mark beträchtlich verbreitert; derselbe ist hie und da ganz leer, an manchen Stellen auch mit feinen Körnchen erfüllt, die jedoch den Einblick in die Faser nicht verhindern, an andern Stellen sind noch grössere Schollen vorhanden, durch die selbstverständlich das centrale Gebilde verdeckt wird. Der Hohlraum des Markes aber wird umschlossen von einer eigenen Hülle, die sich von der *Schwann*'schen Scheide deutlich unterscheiden lässt und hier und da auch in grösseren Ausbuchtungen dieser von ihr getrennt ist.

Diese Hülle zeigt ganz die gleiche netzförmige Zeichnung, wie sie nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether an der äussern Scheide sichtbar ist, mit dem einzigen Unterschied, dass die mit destillirtem Wasser behandelten Fasern eine regelmässigere Zeichnung darbieten. Diese Darstellung der äussern Scheide dürfte um so wichtiger erscheinen, als der Verdacht nahe lag, dass jene maschige nach Behandlung mit siedendem Alkohol oder Chloroform hervor-

tretende Zeichnung einer durch diese Reagentien oder die Siedetemperatur bedingten Schrumpfung ihre Entstehung verdanke.

Zwar hat *Lantermann* ohne vorhergehende Anwendung schrumpfender Reagentien auf ein netzförmiges Aussehen an Osmiumpräparaten aufmerksam gemacht, aber es ist sehr fraglich, ob diese Zeichnung mit derjenigen der äussern Markscheide identisch ist.

Die wesentlichste Einwirkung hat die Osmiumsäure auf das Nervenmark und zwar hauptsächlich auf die durch Aether extrahirbaren Stoffe, mit welchen sie eine schwarze homogene Masse bildet. Eine andere Wirkung der Osmiumsäure, auf die mich Herr Prof. *Kühne* aufmerksam machte (vergl. die folgende Abhandlung), tritt hauptsächlich bei ungenügender Menge des Reagens ein und betrifft den Axencylinder; es ist dazu eine minder concentrirte Lösung wünschenswerth, als sie gewöhnlich gebräuchlich ist.

Benützt man eine Lösung von 1,0 pro mille und untersucht frisch zerzupfte Fasern direct auf dem Objectträger, so tritt jene bekannte Färbung des Markes auf und einhergehend mit dieser werden dessen Einkerbungen sichtbar; dabei sieht man den Axencylinder als ein äusserst breites Gebilde in den gefärbten Markhüllen. Ist die vorhandene Menge des Reagens genügend, so lässt sich noch eine beträchtliche Quellung des Axencylinders verfolgen. Dabei treten auch hier an der Schnittfläche vereinzelte Ballen Nervenmarkes aus. Im Grossen und Ganzen bieten jedoch die Markhüllen ein anderes Bild, als bei den mit Wasser oder Kalilauge behandelten Fasern.

Mit der Quellung des Axencylinders beginnen die Einkerbungen der Markscheide an Breite zuzunehmen; ohne dass eine Verbindung zwischen den einzelnen „Hohlcylindern“ nachweisbar ist, sind dieselben durch breite Zwischenräume getrennt und der ko-

lossal verbreiterte Axencylinder macht nunmehr den Eindruck, als seien eine Anzahl mehr oder minder dicker Stulpen ihm aufgestreift[1]).

Diese Bilder, welche unter günstigen Verhältnissen auch bei stärkeren Lösungen auftreten, nur dass hier meist die beträchtliche Verbreiterung des Axencylinders fehlt (*Ranvier* zeichnet solche Bilder), scheinen eigentlich darauf hinzuweisen, dass an den Einkerbungen eine wirkliche Unterbrechung der Markhüllen Statt hat, wenn nicht gerade eine Zerreissung an diesen Stellen die Trennung ermöglicht. Indessen zeigte die Untersuchung, dass weder das Letztere noch das Erstere der Fall ist.

Zur Entscheidung werden solche Fasern, an welchen die durch breite Zwischenräume getrennten Stulpen dem Axencylinder aufgereiht erscheinen, nach gutem Ausspülen in Alkohol gelegt und dann entmarkt. Die Entmarkung gelingt recht gut, sobald die Fasern nur kurze Zeit in Osmiumsäure gelegen und noch nicht jene intensiv dunkelbraune oder schwarze Farbe angenommen haben, wie sie nach längerer Einwirkung die Regel ist. Dabei wird der siedende Alkohol sehr wenig, der Aether jedoch ziemlich dunkel gefärbt.

Die Untersuchung der entmarkten Fasern zeigt nun ganz dieselben Scheiden, wie sie schon oben beschrieben sind; keine nach den Osmiumbildern zu erwartende Spalte, kein Einschnitt unterbricht diese, ein deutlicher Beweis, dass die Osmiumfärbung einzig den Inhalt der Scheiden betrifft, während diese ungefärbt und meist nicht sichtbar die einzelnen Stulpen mit einander verbinden.

In diesen Befunden liegt wohl auch die Erklärung für einen Theil der Osmiumwirkung überhaupt. Dass sich die feste Ver-

---

[1]) Ausserordentlich gut lassen sich diese Vorgänge auch am N. ischid. des Kaninchens verfolgen, wie ich gegenüber von *Hennig* erklären muss, welcher der Ansicht ist, dass die *Lantermann*'schen Einkerbungen beim Kaninchen vollständig fehlen.

bindung der Säure mit den Stoffen des Markes bei grossen absoluten Mengen oder bedeutender Concentration des Reagens auf ein kleineres Volumen zurückzieht, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Dass damit gerade an den Stellen eine Trennung und Spaltung des Markes erfolgt, an welchen auch die Verbindung intra vitam eine geringere ist, kann uns nicht wundern. Solche Stellen bestehen aber sicher innerhalb der Faser und zwar dort, wo die Zwischenbalken der Scheiden von der inneren zur äusseren Scheide ziehen. Ebenso aber zieht sich die Osmiumverbindung in den meisten Präparaten von dem *Ranvier*'schen Schnürring zurück, der auf eine weite Strecke zu beiden Seiten markleer erscheint; und wenn sich auch nicht mit Bestimmtheit sagen lässt, dass das Mark durch jeden *Ranvier*'schen Schnürring hindurchgeht, und nur unter der Wirkung des Reagens sich vielfach aus dem engeren Strombett zurückzieht, so ist nach unseren Befunden die Möglichkeit des Hindurchgehens nicht ausgeschlossen, ja es bedarf nach denselben noch des Beweises, dass das Mark nicht hindurchgeht.

Einige Worte muss ich noch der von *Lantermann* und *Mc'. Carthy* angegebenen stäbchenförmigen Structur des Nervenmarkes widmen. Die meisten Forscher haben sich schon dafür ausgesprochen, dass es sich hierbei um Kunstproducte handelt, und die von *Lantermann* als Querschnitte von Stäbchen aufgefassten Gebilde nur gefärbten, an der Oberfläche des Markes sich ausscheidenden Kügelchen, ihre Entstehung verdanken. War Dieses der Fall, so musste auch die ausserhalb der Faser entstehende Osmiumverbindung des Markes dieselben Bilder geben und das ist allerdings der Fall.

Verdampft man das Aetherextract von Nerven und setzt der restirenden weissen Masse Osmiumsäure zu, so entsteht eine je nach der Menge des zugesetzten Reagens verschieden dunkle Masse, die auf dem Objectträger untersucht, eine grosse Menge

einzelner, ziemlich regelmässiger Kugeln zeigt, die ganz dieselben Bilder geben, wie sie im Innern der Faser sichtbar sind und beim Zusammenliegen in plaques eine zuweilen überraschend regelmässige fleckige Zeichnung mit kreisförmigen farblosen Durchbrechungen darbietet.

Damit dürfte ein Theil dieser Bilder seine Erklärung finden. Ob jedoch nicht gleichzeitig die Zeichnung der äusseren Markscheide zu ähnlichen Bildern die Veranlassung zu sein vermag, will ich nicht entscheiden.

## Der Axencylinder.

Die Sichtbarmachung des Axencylinders durch Alkohol oder Aether oder auch durch beide zusammen, ist seit den Untersuchungen *Kölliker*'s [1]) wohl ein häufig geübtes Verfahren. Und wenn trotz dieser Behandlung die Structurverhältnisse des Markes den Forschern vollkommen entgangen sind, so hat das wohl wesentlich seinen Grund darin, dass zur vollständigen Entfernung der Fette eine sehr sorgfältige Behandlung nothwendig ist. Die leicht zurükbleibenden krümmlichen Körner, die auch *Kölliker* erwähnt, verwischen das Bild des äusseren Scheidennetzes und lassen ein sicheres Urtheil nicht zu.

Das zweckmässigste Verfahren zur Entmarkung mit Alkohol und Aether habe ich schon oben angegeben. Die Untersuchung der so behandelten Faser zeigt innerhalb der weitmaschigen äusseren Horn führenden Scheide ein schmales centrales Gebilde, das alle Krümmungen und Biegungen der Faser möglichst vermeidend, bald der einen, bald der andern Seite der äusseren Scheide nahe liegt. Dasselbe ist ein gleichmässiges feingranulirtes Gebilde ohne irgend nachweisbare fibrilläre Streifung. Wie

---

[1]) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, erste Hälfte.

schon oben erwähnt, ist eine den Axencylinder umhüllende Scheide bei dieser Behandlung nicht zu unterscheiden. Erst nach Entfernung des Axencylinders durch die Verdauung mit Trypsin wird, wie *Ewald* und *Kühne* angeben, die Axencylinderscheide als leere Hülse sichtbar.

Durch Behandlung mit siedendem Chloroform lässt sich, wie ich schon erwähnt habe, der Axencylinder durch einen Zwischenraum von seiner Scheide getrennt, deutlich machen; auch hier ist derselbe ein feingranulirtes nicht fibrillär aussehendes Gebilde, das in spiralförmigen Touren in der Faser verläuft.

Welcher Differenz in der Wirkung dieser verschiedenen Reagentien die differenten Bilder ihre Entstehung verdanken, wage ich nicht zu entscheiden. Vielleicht ist der bei der Chloroformbehandlung entstehende periaxiale Raum noch mit Flüssigkeit gefüllt, die bei einer etwaigen Coagulation aus dem Axencylinder ausgetreten, sich mit dem Chloroform nicht mischte und so ein Zusammenziehen der Scheide um den Axencylinder unmöglich machte. Verschiedene später folgende Beobachtungen lassen wenigstens diese Entstehung als eine beachtenswerthe Möglichkeit erscheinen.

Den Schluss, welcher aus diesem deutlichen Hervortreten des Axencylinders in Fette lösenden Reagentien resultirt, hat *Kölliker* schon vor Jahren gezogen, dass der Axencylinder nicht den Fetten zugerechnet werden darf. Mit Berufung auf die Färbung des Axencylinders durch die Eiweissreagentien kam *Kölliker* damals zu dem Resultat, dass der Axencylinder eine feste Proteïnverbindung sei.

*Lehmann*[1]) schloss sich dieser Ansicht von der Eiweissnatur des Axencylinders an und seitdem ist diese Anschauung nicht mehr angefochten worden, wenn auch andere Forscher, wie

[1]) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1853.

*Kühne*[1]) und *Waldeyer*[2]) demselben einen weich-elastischen, *Fleischl*[3]) sogar einen flüssigen Zustand zuschreiben.

Am Besten lässt sich die Eiweissnatur des centralen Gebildes an dem entmarkten Nerven nachweisen; dabei ist aber immer noch die Einwirkung der verschiedensten Eiweissreagentien eine viel zu wenig intensive, um sichere Schlüsse zu gestatten. Von allen Untersuchungsflüssigkeiten kann ich nur das *Millon*'sche Reagens erwähnen, gegen welches sich der Axencylinder deutlich wie ein Eiweisskörper verhielt.

Zu dieser Untersuchung wurde ein mit Alkohol und Aether entmarkter Nerv nach gutem Auswaschen in Wasser 24 Stunden in verdünnte *Millon*'sche Flüssigkeit gelegt und darauf gekocht. Während des Siedens wurde so lange von dem Reagens zugefügt, bis das Präparat dunkelroth geworden. Die Untersuchung ergab, dass die gesammten Scheiden sich unter Einwirkung des Reagens gefärbt hatten und es liess sich somit ein sicheres Urtheil über die Färbung des Axencylinders nur an solchen Fasern erhalten, an welchen er deutlich herausragte. An einzelnen Fasern war dies gut zu sehen. Während die Scheiden eine mehr blassrothe Farbe hatten und auch die Axencylinderscheide mit einem nach der äusseren Seite umgeschlagenen Ende, anscheinend einem Zwischenmarkbalken plötzlich endigte, jedenfalls um den Axencylinder nicht mehr nachweisbar war, ragte dieser als ziemlich dunkelroth gefärbter, regelmässiger und ziemlich breiter Faden hervor.

Die übrigen Eiweissreactionen, so mit Salpetersäure und Kalilauge, schwefelsaurem Kupferoxyd und Kalilauge, Schwefelsäure und Zucker sind für den Axencylinder viel zu wenig intensiv. Färben sie auch den Nerven im Allgemeinen gut, so lassen doch ein-

---

[1]) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1868.

[2]) Zeitschrift f. rat. Medicin, 3. R., Bd. XX, Heft 3.

[3]) Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders. Beiträge z. Anatomie und Physiologie (Gratulationsschrift *Carl Ludwig*'s).

zelne Balken der Scheiden und ebenso der Axencylinder eine deutliche Färbung nicht erkennen. Doch dürfte die Färbung mit dem *Millon*'schen Reagens genügen, um dem Axencylinder **Eiweisskörper** zuzusprechen.

An die Auffassung des Axencylinders als einer eiweissreichen Masse schliesst sich aber gleichzeitig die Frage an, ob das durch Alkohol und Aether und ebenso durch viele andere Reagentien sichtbar werdende centrale Gebilde nicht durch Coagulation aus dem ursprünglich breiteren Axencylinder entstanden ist. *Henle* und *Merkel*[1]) haben schon vor Jahren diese Frage aufgeworfen, als *M. Schultze* in seiner bekannten Arbeit anscheinend fibrilläre Axencylinder zeichnete, die fast den grössten Theil der Faser einnahmen und seitdem sind noch immer Gebilde von sehr verschiedener Breite und verschiedenem Aussehen, bald ein dickes, die Faser nahezu ausfüllendes Band, bald ein schmaler, centraler Faden für vollkommen gleichwerthige Gebilde, für den Axencylinder, angesehen worden, während es doch keinem Zweifel unterliegen kann, dass viele dieser Gebilde erst unter der Einwirkung der verschiedensten Reagentien entstanden waren.

So kommt es, dass über die eigentliche Breite des Axencylinders in der lebenden Nervenfaser eine Einigung unter den verschiedensten Forschern nicht erzielt ist, zumal ja am lebenden Nerven ein sichtbarer Axencylinder seither nicht nachgewiesen wurde. In den Flossen der Fische oder in der Schwimmhaut vom Frosch sieht man die einzelne Faser als deutlich doppelt-contourirtes Gebilde. Die *Ranvier*'schen Schnürringe erkennt man bei Beiden deutlich. Andeutungen von Einkerbungen, äusserst zart und keineswegs mit den Osmiumbildern zu vergleichen, liessen sich nur in der Fischflosse erkennen.

Durch die vielfachen Veränderungen des Markes werden

---

[1]) Ueber die sogenannte Bindesubstanz d. Centralorgane, Zeitschrift f. rat. Medicin, Bd. XXXIV, Heft 1.

direct nach dem Herausnehmen der Nerven diese Zeichnungen weit undeutlicher. Theils durch das Absterben der Faser, theils durch die angewendeten Untersuchungsflüssigkeiten entstehen nun jene so sehr verschiedenen Bilder. Wir haben schon oben die frische Nervenfaser unter der Einwirkung verschiedener Reagentien untersucht. Wir haben dabei jene Strömungserscheinungen des Nervenmarkes verfolgt, wie sie bei der Behandlung der Fasern mit Wasser seither bekannt waren und die wesentlich nur auf eine Wasseraufnahme und Quellung des Markes bezogen wurden, das in einem ringförmigen Strombett eingeengt, sich einen Ausweg suche und so dem Schnittende der Faser zuströme. Ich habe dann gezeigt, dass dieselben Erscheinungen zum Theil noch weit intensiver bei der Einwirkung mancher anderer Reagentien auftreten und bin auf Grund dieser Beobachtungen zu dem Schlusse gekommen, dass diese Vorgänge nicht einzig durch eine primäre Veränderung des Nervenmarkes bedingt sind.

Die Gründe, auf welche ich meine Anschauung stützte, sind im Wesentlichen folgende:

1. In allen Fasern, in welchen unter der Einwirkung gewisser Reagentien jene Strömungs- und Austrittserscheinungen des Nervenmarkes zur Beobachtung kommen, tritt mit der mehr und mehr erfolgenden Entleerung der Faser von Mark ein centrales Gebilde hervor, welches nahezu die gesammte Faser ausfüllt und zweifelsohne der gequollene Axencylinder ist.

2. Der grösste Theil dieser Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes deutlich werden, bewirken noch an dem mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven eine beträchtliche Quellung des Axencylinders.

3. Es lässt sich aus gut zerzupften Fasern ohne wesentliche Veränderung des Markes der Axencylinder entfernen. Die Untersuchung dieser Fasern (vergl. unten, Einwirkung verdünnter NaClLösungen) mit den betreffenden Reagentien zeigt zwar auch

geringe Veränderungen und hie und da auch Strömungen des Nervenmarks. Doch sind dieselben ausserordentlich unbedeutend gegenüber den Vorgängen in jenen Fasern, in welchen der Axencylinder vorhanden ist.

Ich habe diese Gründe für meine Anschauung schon früher erwähnen zu müssen geglaubt, obwohl die auf 2 und 3 bezüglichen Beobachtungen erst in dem Nachfolgenden näher ausgeführt werden sollen.

Diejenigen Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes am Deutlichsten auftraten, waren ausser destill. $H_2O$, Essigsäure, Kalilauge und die starke Essiglösung von *Moleschott*. Bei allen diesen tritt an der frischen Faser nach der Entleerung des Markes der Axencylinder als stark gequollenes Gebilde hervor. Weiter als bis zu diesem Punkte lassen sich die Veränderungen der Nervenfaser und insbesondere des Axencylinders in kurzer Zeit auf dem Objectträger nicht gut verfolgen.

Um also die Veränderungen, welche der Axencylinder weiter erleidet, kennen zu lernen, müssen wir den Nerv längere Zeit der Einwirkung des Reagens überlassen. Bevor ich darüber Weiteres berichte, sind noch einige Worte den Veränderungen des Axencylinders an mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven unter kurzer Einwirkung der besprochenen Reagentien zu widmen.

Gar nicht wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven von Wasser beeinflusst, sehr beträchtlich jedoch von Essigsäure und Kalilauge.

Setzt man dem entmarkten und mit Hämatoxylin gefärbten Nerven einige Tropfen Kalilauge zu, und beeilt sich, denselben unter dem Mikroskope zu beobachten, so zeigt sich hier ein äusserst interessantes Bild. Man sieht, wie der eben noch sehr schmale Axencylinder anfängt sich auszudehnen, wie er, zunächst in der Länge wachsend zur Spirale wird und gleichzeitig beträchtlich an Breite zunimmt. Dieser Vorgang vollzieht sich

mit ausserordentlicher Schnelligkeit. Etwas langsamer, jedoch immer noch sehr rasch folgen die weiteren Veränderungen; langsam verschwinden nun die Bögen zwischen den Spiralen, bald hier, bald da wird der Axencylinder an einzelnen Stellen ungleichmässig breit, bald folgen die noch schmäleren Stellen nach und binnen einigen Secunden sehen wir an Stelle des eben noch in solcher Umwälzung begriffenen Gebildes eine gequollene Masse, die einen grossen Theil der Faser einnimmt, wenn sie auch nicht ganz den Breitendurchmesser des frischen so behandelten Axencylinders erreicht. Gleichzeitig mit diesem Wachsthum tritt eine ziemlich deutlich hervortretende Entfärbung des Axencylinders ein, der nach längerer Zeit jedoch noch als schwach blau gefärbtes Gebilde zu erkennen ist. Weitere Vorgänge lassen sich daran nun nicht mehr verfolgen. Weder an herausragenden Axencylindern lässt sich eine stärkere Quellung und ein etwaiges Einschmelzen erkennen, noch werden seine Contouren innerhalb der Scheiden undeutlich oder verwischt.

Ganz ähnliche Bilder bietet die Behandlung dieser entmarkten Fasern mit Essigsäure. Ich habe mich zu diesen Beobachtungen sowohl des reinen Eisessigs, als verdünnterer Lösungen, hauptsächlich einer von 2% bedient. Nur eine Differenz tritt bei der Behandlung mit Essigsäure gegen Kalilauge hervor, dass bei der ersteren der blau-violet gefärbte Axencylinder zunächst roth wird und dann seine Farbe ganz verliert. Doch lassen sich trotzdem die Quellungserscheinungen dabei auf das Deutlichste verfolgen. Auch an diesen Präparaten verändert sich nach einer gewissen Dauer der Einwirkung das Bild nicht mehr. Man sieht dann den gequollenen Axencylinder unverändert in der Faser und kein Anzeichen deutet mehr darauf hin, dass vor Kurzem ein so stürmischer Process in ihrem Inhalte verlief.

Aehnliche Veränderungen wie diese Lösungen von Essigsäure ruft auch die schon bei frischen Fasern benutzte *Molcschott*'sche

Lösung hervor, wahrscheinlich nur durch ihren Gehalt an Essigsäure bedingt.

Verdünnte Kochsalzlösungen haben auf die entmarkte Faser keinen irgendwie nachweisbaren Einfluss.

---

Die weitere Frage, welche sich den genannten direct zu beobachtenden Veränderungen anschliesst, ist die, ob die Nervenfaser und speciell der Axencylinder unter der Einwirkung der erwähnten Reagentien noch weitere Veränderungen eingeht, die, längere Zeit in Anspruch nehmend, zunächst nicht zur Beobachtung gelangen.

Hierüber konnte nur die Untersuchung Auskunft geben, nachdem der Nerv stundenlang der Einwirkung grösserer Mengen des Reagens ausgesetzt war.

Beginnen wir mit der Untersuchung des Nerven nach der längeren Einwirkung von destill. $H_2O$.

Um das Eindringen der jeweiligen Untersuchungsflüssigkeit zu erleichtern, habe ich es zweckmässig gefunden, den Nerven zunächst auf dem Objectträger in einigen Tropfen derselben zu zerzupfen, und dann erst ruhig in die Flüssigkeit einzulegen.

Wird der frisch aus dem Frosch entnommene Nerv nach 24stündiger Einwirkung von $H_2O$ untersucht, so sieht man innerhalb der mehr oder weniger weiten *Schwann*'schen Scheide eine Zeichnung, welche gegen die frische in diesem Reagens untersuchte Faser wesentlich contrastirt. Das breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder ist vollständig verschwunden.

An seiner Stelle sieht man, wie schon oben erwähnt, jenes schmale, feine Längsstreifen zeigende Band, welches sammt einigen körnigen oder scholligen Markresten in die jetzt sichtbar gewordene maschige äussere Markscheide eingeschlossen ist.

Untersuchen wir nunmehr dieselben Fasern nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether.

Mit Hämatoxylin gefärbt zeigen die 24 Stunden mit $H_2O$ behandelten Fasern einen beträchtlichen Unterschied gegen die frisch mit Alkohol und Aether entmarkten. Der blauviolet gegefärbte centrale Faden der letzteren fehlt bei den ersteren vollständig. An seiner Stelle sieht man im Innern der Faser die kaum gefärbte Axencylinderscheide als äusserst feines Gebilde, dessen seitliche Contouren einen ungefärbten leeren Raum einschliessen: Es ist also durch destillirtes $H_2O$ der Axencylinder gelöst worden. Wir haben die ersten Quellungserscheinungen des frischen Axencylinders durch das Reagens auf dem Objectträger beobachtet; in dieser vollständigen Auflösung sehen wir das Endresultat des so stürmisch begonnenen Processes.

Unterwerfen wir nun der gleichen Untersuchung einen Nerven, der zuerst durch Aether und Alkohol entmarkt war und nach der Entmarkung 24 Stunden der Einwirkung von destillirtem $H_2O$ ausgesetzt war. Hier sehen wir nach der Färbung denselben schmalen gefärbten Axencylinder, wie ihn der Nerv darbietet, welcher nur mit Alkohol und Aether behandelt ist.

In diesem verschiedenen Verhalten gegen $H_2O$ haben wir eine wesentliche Differenz zwischen dem frischen und dem mit Alkohol Aether behandelten Axencylinder. Wir haben uns oben in Folge der Färbung mit *Millon*'schem Reagens der Ansicht angeschlossen, dass wir in dem Axencylinder Eiweisskörper vor uns haben. Diese Ansicht musste die Frage nahe legen, ob der Axencylinder nach den verschiedenen Behandlungsmethoden sich nicht insofern verschieden verhalte, dass wir in ihm bald eine lösliche Modification vor uns haben, bald eine unlösliche, oder ein durch Erhitzen oder Reagentien entstandenes unlösliches Coagulat. Das verschiedene Verhalten des frischen und des durch die Alkohol-Aetherbehandlung zuvor entmarkten Nerven gegen $H_2O$ scheint diese Ansicht vollständig zu bestätigen.

In der Behandlung mit siedendem Alkohol sind allein schon zwei Momente gegeben, die jedes für sich die Ursache der Coagulation von Albuminkörpern sein können.

Eine weitere Bestätigung der Ansicht von der Entstehung eines unlöslichen Coagulates durch die von uns geübte Entmarkung zeigte sich bei Untersuchung mit einem andern Reagens, dessen Wirkung auf den Axencylinder in neuerer Zeit *Kühne*[1]) bei seinen Untersuchungen über den Sehpurpur wieder constatiren konnte. Es ist dieses die Galle, die ebenso, wie die Stäbchen der Retina, so auch frische Axencylinder löste. Doch geht die Auflösung des Letzteren keineswegs so rasch, wie diejenige der Stäbchen, und lässt sich nicht in gleicher Weise auf dem Objectträger verfolgen.

Indessen löst 5—10 % Galle den Axencylinder des frischen Nerven innerhalb 24 Stunden.

Der Axencylinder des mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven wird jedoch durch 24stündiges Liegen in Galle in keiner Weise verändert. — Ebenso, wie diese beiden Reagentien erweisen einige weitere die Differenz in der Löslichkeit zwischen dem Eiweisskörper des frischen und dem Coagulat des Alkohol-Aether-Nerven.

Unter denjenigen Lösungen, welche am Schnellsten den frischen Nerven veränderten und jene Strömungen des Markes in ausserordentlich rascher und intensiver Weise hervorriefen, habe ich die Kalilauge genannt. Legen wir nun einen frischen Nerven, nachdem er gut zerzupft ist in Kalilauge von 0,1 % und 24 Stunden später nach gutem Auswaschen durch Wasser in Alkohol, so zeigt die Untersuchung nach der Entmarkung, dass auch in diesem der Axencylinder vollständig fehlt.

---

1) *W. Kühne*, über den Sehpurpur, diese Untersuchungen Bd. I, Heft 1.

Wir haben somit in der Kalilauge von 0,1 % ein weiteres Lösungsmittel für den frischen Axencylinder.

Behandeln wir den mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven in der gleichen Weise mit Kalilauge und untersuchen nach 24 Stunden, so finden wir ziemlich dasselbe Bild, wie wir es schon oben beschrieben haben. Wir sehen nach der Färbung im Innern der Faser eine stark gequollene Masse von deutlicher blauer Farbe, die mehr als die Hälfte der ganzen Faser einnimmt.

Wir haben in diesem Verhalten gegen Kalilauge eine weitere Differenz zwischen dem frischen und dem coagulirten Axencylinder. Das Coagulat wird durch Kalilauge in eine gequollene Masse verwandelt, die wir wohl als ein gallertiges Kalialbuminat auffassen müssen. Gelöst wird dasselbe jedoch im Gegensatz zu dem Axencylinder des frischen Nerven in 24 Stunden nicht.

Etwas anders als die letzteren Reagentien wirkt Essigsäure. Hat ein frischer Nerv 24 Stunden in 2 % Essigsäure gelegen, so ergibt die Untersuchung nach der Entmarkung und Färbung Folgendes:

In der Faser zeigt sich ein centrales Gebilde von ziemlich gleichmässigem Umfang, das wiederum mehr als die Hälfte der Breite ausfüllt, durch Hämatoxylin blau gefärbt ist und die Zwischenbalken der Scheiden, sowie die äussere Horn führende Scheide auf das Deutlichste erkennen lässt. Es ist also unter der 24stündigen Einwirkung der Essigsäurelösung der Axencylinder nicht gelöst worden. Es ist aber auch der durch Essigsäure gequollene Axencylinder unter der Einwirkung des siedenden Alkohols und nachher des Aethers nicht beträchtlich geschrumpft.

Ebensowenig wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven durch Essigsäure gelöst. Die beiden gequollenen Gebilde unterscheiden sich nur dadurch, dass der Axencylinder des zuvor entmarkten Nerven an Umfang demjenigen des frisch mit Essigsäure behandelten nachsteht, ein Umstand, den wir vielleicht darauf

beziehen müssen, dass durch die Behandlung mit siedendem Alkohol die Axencylinderscheide einen Theil ihrer im frischen Nerven jedenfalls grossen Elasticität eingebüsst hat.

In beiden aus dem Axencylinder hervorgegangenen Körpern haben wir wahrscheinlich Acidalbumine vor uns. Wenigstens scheint diese Ansicht in dem Verhalten gegen einige Reagentien eine Stütze zu finden.

Legen wir Nerven, die direct aus dem Frosch entnommen, 24 Stunden in Essigsäure gelegen hatten, nach gutem Ausspülen in eine concentrirte Kochsalzlösung und schreiten nach 24stündigem Liegen in dieser zur Entmarkung und Färbung, so sehen wir jetzt in der Faser an Stelle des gequollenen Gebildes einen stark geschrumpften Faden, wie er auch sonst durch die blosse Behandlung des Nerven mit siedendem Alkohol und Aether entsteht. Es ist somit durch die concentrirte Kochsalzlösung die durch Essigsäure entstandene Masse gefällt, was unter der Behandlung mit siedendem Alkohol in keiner Weise geschah, ein Verhalten, welches vollständig mit dem seither bekannten der Acidalbumine sich in Uebereinstimmung befindet. Dieselbe Schrumpfung erleidet der durch Essigsäure gequollene Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven unter der Einwirkung concentrirter Kochsalzlösungen.

Noch ein anderes gleiches Verhalten, wie das des Acidalbumin's, lässt sich an dem durch Essigsäure veränderten Axencylinder nachweisen.

Legt man diesen 24 Stunden in eine Lösung von kohlensaurem Natron und untersucht nach der Entmarkung, so sieht man in einem Theil der Fasern einen ebenfalls geschrumpften Axencylinder, in einem andern Theil hat aber schon der Process der Auflösung dieses Acidalbumins begonnen; hier fehlt der Axencylinder schon theilweise.

Die gequollene Masse, welche unter der Einwirkung der

kalten Essigsäure in der frischen Faser entstanden ist, kann jedoch noch auf anderem Wege, als durch Alkalien zur Lösung gebracht werden, und zwar durch längeres Kochen in Essigsäure. Schon *Kölliker* hat darauf aufmerksam gemacht. Nach ein halb stündigem Kochen in Essigsäure und nachfolgender Entmarkung zeigt der Nerv an Stelle des gequollenen Axencylinders die leere Axencylinderscheide.

Ein Gleiches ist jedoch mit dem Eiweisscoagulat des schon zuvor entmarkten Nerven nicht der Fall. In diesem ist nach gleicher Behandlung die gequollene Masse noch nachweisbar.

Salzsäure von 0,1 % wirkt wenig intensiv und langsam auf den Nerven ein. Eine Quellung des Axencylinders lässt sich dabei nicht constatiren. Auch die Strömungserscheinungen des Markes treten bei ihrer Anwendung nicht auf. Doch sind nach 24stündiger Einwirkung die Axencylinder der gut zerzupften Fasern gelöst; das Coagulat der Alkohol-Aether-Nerven wird von Salzsäure nicht wesentlich verändert.

Eine nicht unbeträchtliche Veränderung ruft die von *Moleschott*[1]) empfohlene Essigsäure-Alkohol-Mischung an der Nervenfaser hervor. Das Austreten eines Theils des Markes habe ich schon oben bei der Untersuchung der frischen Faser erwähnt. Bei längerer Einwirkung wird ein Theil des Markes jedenfalls auch gelöst.

Hervorzuheben ist ausserdem die beträchtliche Quellung des Axencylinders, der als breites Band so deutlich hervortritt, dass man diese Mischung als Controlle für die übrigen Untersuchungen betreffs der Lösung des Axencylinders verwenden kann. Vielfach wurde sie desshalb bei den seitherigen, sowie auch den weiter folgenden Untersuchungen benutzt.

---

[1]) Bestehend aus: 1 Volum. Alkohol. absol.; 1 Volum. Eisessig; 2 Volum. Wasser.

Von noch grösserer Bedeutung als die bisher gefundenen Lösungsmittel des frischen Axencylinders, wurde für uns ein anderes Reagens, zu dessen Anwendung wir durch die schon vielfach hervorgehobene Aehnlichkeit des Axencylinders mit der sogenannten Muskelfibrille veranlasst wurden.

Die Frage, ob unter den Eiweisskörpern des Axencylinders einer mit dem im Sarkolemmaschlauch vorkommenden Myosin identisch sei, kann wohl als eine der wichtigsten in der physiologischen Chemie betrachtet werden. Dieselbe führte zu der Untersuchung des Axencylinders in Kochsalzlösungen, welche nach *Kühne* in einer Concentration von 5—10 % Lösungsmittel für das Myosin sind. Schon oben habe ich erwähnt, dass die Untersuchung der frischen Fasern mit verdünnten Kochsalzlösungen auf dem Objectträger ausser Gerinnungserscheinungen des Markes nichts Wesentliches zeigt. Unter der Einwirkung von stärkeren Kochsalzlösungen tritt eine nach der Concentration mehr oder weniger bedeutende Schrumpfung der Nervenfaser ein.

Legen wir nun frische gut zerzupfte Nervenfasern in die verschiedensten Kochsalzlösungen, deren Salzgehalt von einem pCt. bis zur vollständigen Sättigung schwankt, und untersuchen nach dem Auswaschen in Wasser und der Entmarkung durch Alkohol und Aether, so sehen wir in allen diesen Fasern den Axencylinder deutlich erhalten. Derselbe ist in den Kochsalzlösungen von stärkerer Concentration nicht unbeträchtlich geschrumpft; in den weniger starken lässt sich eine Differenz zwischen diesem und dem nur mit Alkohol und Aether behandelten nicht nachweisen. Da sich unter den NaCl-Lösungen auch solche von 5, 7½, 10 % befanden, so ist nach diesen Befunden eine Identität mit dem Myosin ausgeschlossen.

Erst beim Uebergang zu verdünnteren Kochsalzlösungen unter einem pCt. zeigten sich die ersten Spuren einer Einwirkung auf den Axencylinder. Legt man frische, gut zerzupfte Nerven-

fasern in eine Kochsalzlösung von 0,75 % und schreitet nach 24-stündiger Einwirkung zur Entmarkung und Untersuchung, so zeigt in einer Reihe von Fasern der Axencylinder ein Verhalten, das sich nur durch eine theilweise Auflösung erklären lässt. Man sieht, wie oft mitten in der Faser der mässig dicke Axencylinder sich verdünnt und mit fein auslaufender Spitze endigt; dann folgt ein Stück, in welchem derselbe vollständig fehlt, bis nach einer mehr oder weniger langen Strecke ein gleich feines, oft auch kolbiges Ende wieder das Vorhandensein anzeigt. Dabei ist die Faser im übrigen normal. An andern Fasern ist der Schwund des Axencylinders mehr an dem Schnittende zu constatiren. Doch enthält die grösste Anzahl der Nervenfasern entschieden noch deutlich einen Axencylinder.

Stärker ist schon die Einwirkung, welche der Nerv nach 48stündigem Liegen in der $^3/_4$ % Kochsalzlösung erleidet: Hier überwiegt in den gut zerzupften Fasern die Anzahl solcher, in welchen der Axencylinder gelöst ist. Legt man solche Fasern, welche 48 Stunden in dieser Kochsalzlösung gelegen haben, ohne sie zu entmarken, in die *Moleschott*'sche Lösung und untersucht nach längerem Liegen, so ist in dem grössten Theil der Fasern von dem breiten centralen Gebilde, wie es sich in frisch mit der Lösung behandelten darbietet, Nichts mehr zu sehen. Die Fasern sind wesentlich verschmälert, bieten dasselbe Bild, wie ich es schon bei der vorhergehenden Behandlung mit destillirtem Wasser erwähnt habe und enthalten eine grosse Menge feiner Körnchen; hier und da haben sich auch jene schon bekannten Stulpen gebildet, die jedoch jetzt nur um die innere meist zusammengefallene Scheide gelagert sind. Vereinzelte Fasern enthalten auch noch den breiten Axencylinder. Es ist somit in einem grossen Theil der Fasern der Axencylinder gelöst.

Noch rascher erfolgt das Verschwinden des Axencylinders in verdünnteren Lösungen. In $^1/_2$ % und $^1/_4$ % Kochsalz-

lösungen ist derselbe schon nach 24 Stunden vollständig verschwunden und ebenso in gewöhnlichem Wasser. Die Grenze der Löslichkeit dürfte nach diesen Untersuchungen wohl zwischen $^3/_4$ und einem 1 % NaCl liegen.

Dass diese leichte Löslichkeit des Axencylinders in Lösungen von Kochsalz, deren Gehalt etwa demjenigen der normalen Körperflüssigkeiten entspricht, uns sehr in Erstaunen setzte, ist wohl begreiflich. Ich werde auf weitere Ergebnisse aus diesen Befunden alsbald eingehen.

Zuvor möchte ich jedoch die Aufmerksamkeit auf eine Frage lenken, die sich an die Löslichkeit des frischen Axencylinders im Allgemeinen anschliesst. Dass aus diesem unter der Einwirkung von siedendem Alkohol eine unlösliche Modification, ein Coagulat, entsteht, habe ich schon erwähnt und es musste sich daran die Frage anschliessen, bei welcher Temperatur dieses Unlöslichwerden vor sich geht, d. h. der Axencylinder gerinnt.

Die Entscheidung dieser Frage war durch die erwiesenen Lösungsmittel für den Axencylinder ermöglicht.

Einige Vorversuche hatten gelehrt, dass die Lösung des Axencylinders bei höheren Temperaturen bis zu 45° C. in $H_2O$ und den erwähnten NaCl-Lösungen schon innerhalb einer halben Stunde erfolgte.

Wurde nun ein frischer Nerv direct in $^1/_2$—$^3/_4$ % Kochsalzlösung von 50° C. eingelegt und die Flüssigkeit eine halbe Stunde auf derselben Temperatur erhalten, so ergab die Untersuchung nach dem Entmarken, dass der Axencylinder vollständig erhalten war und als schmales Band in der Faser verlief. Derselbe hatte sich auch während des Abkühlens und der weiteren Einwirkung des Reagens nicht mehr gelöst. Wurde an Stelle von Kochsalzlösungen destillirtes Wasser benutzt, so war jedoch nach halbstündiger Einwirkung einer Temperatur von 50° C. der Axen-

cylinder nicht erhalten, sondern gelöst. In destillirtem Wasser erfolgte die Gerinnung des Axencylinders erst bei einer Temperatur von 52° C. Dabei wurde der geronnene Axencylinder in keiner Weise von dem destillirten Wasser während des Abkühlens und durch längeres Liegen verändert. Die Gerinnungstemperatur des Axencylinders liegt sonach zwischen 50°—52° C. und differirt etwas nach den Untersuchungsflüssigkeiten.

Ausser durch höhere Temperaturen entsteht das Axencylindercoagulat aber auch durch einige Reagentien, die ich hier nur kurz anführe, da die Einzelheiten der Untersuchung uns zu weit führen würden.

So entspricht der Axencylinder von Nerven, die längere Zeit nur in kaltem Alkohol gelegen haben, vollständig dem unlöslichen Coagulat und ebenso wirken Chromsäure und die *Müller*'sche Flüssigkeit.

Kehren wir nunmehr zu einigen Fragen zurück, die sich aus der Untersuchung des Axencylinders mit Kochsalzlösungen ergaben.

Die leichte Löslichkeit des Axencylinders in Kochsalzlösungen, deren Procentgehalt demjenigen normaler Körperflüssigkeiten etwa gleich kam, musste entschieden auffallen.

Es wurde desshalb sogleich der Versuch gemacht, wie sich der Axencylinder zu der normalen Flüssigkeit selbst, zur Lymphe, verhalte.

Aus einer Anzahl Curarefröschen wurde eine genügende Menge Lymphe gewonnen und die aus frisch getödteten Fröschen entnommenen Nerven in diese eingelegt.

A priori war zu erwarten, dass sich der Axencylinder der Nervenfaser in der normalen Körperflüssigkeit vollständig gut erhalten werde, zumal ein Nervenmuskelpräparat, wie vielfach constatirt und leicht zu erweisen, in Lymphe viele Stunden erregbar bleibt. Dafür sprach ferner, dass sich am Nerven nach vielstün-

diger Einwirkung der Lymphe noch deutlich das normale electromotorische Verhalten nachweisen lässt. Doch gestaltete sich das Resultat anders, als wir erwartet hatten. Nach 24 Stunden wurde der erste Nerv aus der Lymphe entfernt und mit Alkohol und Aether entmarkt.

Die Untersuchung ergab nach der Färbung mit Hämatoxylin eine beträchtliche Differenz gegen den frisch entmarkten. An Stelle des schmalen centralen Fadens fand sich in vielen Fasern dieselbe gequollene, unregelmässig begrenzte, centrale Masse, wie sie sich ähnlich nach der Einwirkung von Essigsäure an der frischen Faser dargeboten hatte. Dieselbe war unter der nachträglichen Einwirkung von Alkohol und Aether sonach nicht geschrumpft. Doch fanden sich an diesem Präparat noch eine grosse Zahl Uebergangsstufen von dem anscheinend noch wenig veränderten Axencylinder bis zu den beschriebenen Formen. Nur in sehr wenigen vereinzelten Fasern liess sich an diesem, nur 24 Stunden der Einwirkung der Lymphe ausgesetzten Nerven ein Axencylinder oder ein Derivat desselben überhaupt nicht mehr nachweisen.

An Nerven, welche nach 48 stündigem Liegen in Lymphe untersucht wurden, waren die Veränderungen schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich an diesen schon mehr Fasern, welche den Axencylinder nicht mehr aufwiesen. Es waren allerdings noch Nerven mit etwas diffuserer Färbung und aufgequollenem centralem Inhalte vorhanden, die sich bei Untersuchung mit dem Immersionssystem von denselben Tags zuvor sichtbaren Gebilden nicht unterschieden. Doch überwogen bei diesen Nerven die anscheinend leeren Scheiden schon bedeutend.

Noch deutlicher traten diese Erscheinungen in denjenigen Nerven auf, die 72 Stunden (im Winter) in Lymphe gelegen hatten. Hier waren auch jene mehr diffus und schwach gefärbten, unregelmässig verbreiterten centralen Massen nicht mehr nachweisbar:

die inneren Scheiden machten hier den Eindruck vollständig leerer Hülsen.

Dass diese Einwirkung der Lymphe auf den Axencylinder für uns mehr als überraschend war, brauche ich wohl nicht zu erwähnen. Der Umstand, dass ein Nerv in Verbindung mit seinem Muskel in Lymphe Stunden bis Tage lang seine Erregbarkeit behält, hatte eine derartige Einwirkung keineswegs erwarten lassen. Diesem Erhaltenbleiben der Erregbarkeit des Nervmuskelpräparates in Lymphe entsprach aber noch eine weitere Thatsache. Bekanntlich treten nach der Durchschneidung und Trennung eines Nerven von dem Centralorgan in dem peripheren Stück jene Degenerationsvorgänge ein, in Folge deren der Nerv im Laufe einer Reihe von Tagen faradisch und galvanisch unerregbar wird, während sich im Muskel selbst jene Veränderung der Erregbarkeit vollzieht, welche *Erb* als Entartungsreaction bezeichnet hat. Doch sind zum Ablauf der Degeneration des Nerven beim Frosch stets einige Wochen nothwendig, während in den ersten 24 — 72 Stunden nach der Durchschneidung eine Veränderung nur an der Schnittstelle nachweisbar ist. Nach *Engelmann*[1]) findet im Lauf der ersten Tage eine Degeneration der Faser bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe statt; aber abgesehen von diesem minimalen Stücke ist der Nerv vollständig erregbar und zeigt, wie ich mich beim Frosch stets zu überzeugen Gelegenheit hatte, einen deutlichen Axencylinder.

Allerdings lagen bei diesen einfachen Durchschneidungen die Verhältnisse insofern anders, als der Nerv hierbei noch mit seinem peripheren Endorgan, der Nervenendplatte im Muskel einerseits und dem sensibeln Endorgan andererseits in Verbindung war. Dass dem einen von diesen, der Nervenendplatte, ein Theil

---

1) *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIII.

der Ernährung der Nervenfaser zufällt, hat *Kühne* [1]) schon vor längerer Zeit aus Versuchen mit Curare und Unterbindung der Muskelarterien geschlossen, eine Ansicht, die, wie ich [2]) gezeigt habe, auch beim Menschen in dem Verhalten der Nerven bei der Mittelform der Entartungsreaction ihre volle Bestätigung findet.

Diese Erwägungen führten zu der Frage, wie sich der Axencylinder innerhalb des Körpers selbst verhält, wenn der Nerv nicht nur vom Centrum, sondern auch vom peripheren Endorgan getrennt ist.

Es wurde desshalb bei einer Anzahl von Fröschen der N. ischiadicus doppelt durchschnitten und zwar in der Art, dass das obere Ende entweder nach dem Austritt aus dem Becken oder mit Eröffnung des Wirbelkanals in seinen Wurzeln durchschnitten wurde, das untere Ende kurz vor dem Eintritt in die Unterschenkelmuskeln in der Kniekehle. Mit Belassen des Nerven in dem Körper wurden die Hautwunden möglichst gut genäht.

Nach 24 Stunden wurde der erste Frosch getödtet und der Nerv mit Alkohol und Aether entmarkt, und nach je weiteren 24 Stunden die folgenden. Der erste Nerv, welcher 24 Stunden nach der doppelten Durchschneidung im Körper verblieben war, zeigte nach der Entmarkung und Färbung mit Hämatoxylin denselben gequollenen Axencylinder, wie der in Lymphe ausserhalb des Körpers einen Tag behandelte. Am Stärksten ausgesprochen war diese Veränderung nicht zu weit vom Schnittende, weniger nach der Mitte des resecirten Stückes, wo sie allerdings ebenfalls nicht zu verkennen war. Dabei muss man sich selbstverständlich vor Verwechselung mit solchen Fasern hüten, die sich oberhalb der Kniekehle vom Nervus ischiadicus trennen und demgemäss mit

---

[1]) Archiv f. Anatomie, Physiologie etc., von *Reichert* und *Du Bois-Reymond*, Jahrg. 1860.

[2]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. VIII, Heft 3.

ihrem peripheren Endorgan noch in Verbindung sind. Nahe dem Schnittende der Faser war aber der Process schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich hier schon Fasern, in welchen keine gequollene Masse die Axencylinderscheide mehr ausfüllte.

Nach 48 und 72 Stunden war in der grösseren Mehrzahl der Fasern der Axencylinder verschwunden. Hauptsächlich war Dieses der Fall, wenn das Präparat von dem obern oder untern Schnittende genommen wurde; mehr nach der Mitte eines langen resecirten Stückes waren noch mehr Reste des Axencylinders nach zwei und auch drei Tagen vorhanden.

In kurzen 10—20 mm. langen Stücken eines Nerven liess sich nach 72 Stunden in der Regel keine Spur eines Axencylinders mehr nachweisen. Dass dieser Process nicht mit der einfachen Degeneration des Nerven verwechselt werden darf, bei welcher die Faser im Laufe von 2—3 Tagen etwa bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürring abstirbt, brauche ich wohl kaum hinzuzufügen [1]).

Diese Löslichkeit des Axencylinders in Lymphe und im Körper selbst dürfte für unsere Auffassung von den Ernährungs-

[1]) Ich muss hier noch auf zwei Versuche aufmerksam machen, welche *Ranvier* kurz in seinen Leçons erwähnt. Einmal durchschnitt er den N. ischiadicus doppelt und liess das resecirte Stück an seiner Stelle, und dann führte er das herausgeschnittene Stück in die Peritonealhöhle ein und liess es hier drei Tage. Aus dem Verhalten des Markes und der Kerne bei der Untersuchung glaubte *Ranvier* schliessen zu müssen, dass der Process bei doppelter Durchschneidung mit demjenigen der einfachen Degeneration identisch sei. Diese Anschauung *Ranvier*'s dürfte durch obige Versuche vollständig erledigt sein. Wenn ich im Text nicht näher darauf eingegangen bin, so geschah es einerseits desshalb, weil meine Arbeit in der jetzigen Fassung schon fast abgeschlossen war, als mir *Ranvier*'s Werk zugänglich wurde, andererseits, weil ich auf Grund der neugewonnenen Gesichtspunkte über den Axencylinder dazu geführt wurde, die Vorgänge bei der Degeneration der Nervenfasern einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Bei Mittheilung der Resultate dieser Untersuchung werde ich Gelegenheit nehmen, auf die *Ranvier*'sche Anschauung zurückzukommen.

vorgängen in den nervösen Leitungsbahnen von wesentlicher Bedeutung sein. Jedenfalls ist durch diesen Versuch die Annahme einer Selbstständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf Ernährung und Absterben ausgeschlossen. Wir müssen in Betreff einer ständigen Ernährung des Axencylinders somit hauptsächlich auf die Endorgane recurriren, und zwar sowohl auf die centralen, als auf die peripheren.

Sind auch unsere Kenntnisse der degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen noch in keiner Weise abgeschlossen, so steht doch soviel fest, dass das centrale Ende eines Nerven bis auf geringe Veränderungen an der Schnittfläche lange Zeit vollständig normal bleibt. Dass sich in späterer Zeit, wahrscheinlich in Folge des Nichtgebrauches, auch hier Veränderungen einstellen, können wir als für unsere jetzigen Fragen unwesentlich übergehen. Jedenfalls aber beweist dieses Erhaltenbleiben des centralen Endes eines Nerven, in Verbindung mit unsern Resultaten, dass die Endorgane der Axencylinder in den Centralorganen, die Ganglien des Rückenmarks zur Ernährung des Axencylinders ausreichen. Was das periphere Stück eines einfach durchschnittenen Nerven betrifft, so tritt hier jene bekannte Degeneration ein; aber bei diesen verhältnissmässig langsam verlaufenden Degenerationen bleibt der Axencylinder doch eine Reihe von Tagen erhalten. Und dem entsprechend bleibt auch der Nerv, wenigstens in seinem grössern Theil, eine Reihe von Tagen erregbar. Wenigstens lässt sich von den motorischen Fasern aus noch lange eine Zuckung im Muskel auslösen. In den sensibeln Fasern lässt sich die Leitung der Erregung selbstverständlich nicht nachweisen; aber auch deren Axencylinder bleibt erhalten.

Somit müssen wir einen Theil der Ernährung der Axencylinder auch den peripheren Endorganen, an den Nervenendplatten in den Muskeln einerseits, und den sensibeln Endorganen andrerseits zuschreiben. Da aber die Nerven trotz der Ernährung von

dieser Seite her degeneriren, so fällt mit der Trennung von dem Centralorgan noch ein Einfluss fort, den wir entweder in einer gewissen Regulation der Ernährung suchen können, oder indem wir annehmen, dass die Ernährung durch diese diejenige der peripheren Endorgane übertrifft und letztere daher nur eine gewisse Zeit die gesammte Arbeitslast übernehmen können.

Allerdings kann diese Anschauung einer Ernährung der Nervenfasern nicht als neu bezeichnet werden. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Kühne* aus experimentellen Untersuchungen zu demselben Resultat gekommen ist, und dass diese Resultate auch in der Neuropathologie volle Bestätigung finden.

In neuester Zeit sind aber von *Ranvier*[1]) die Ernährungsvorgänge im Nerven anders aufgefasst worden.

*Ranvier* hat bekanntlich an Silber-Präparaten zuerst den bekannten Schnürring nachgewiesen. Er glaubte, dass an diesen Stellen das Mark vollständig fehle und fand diese Ansicht auch durch einige andere Reagentien, von welchen ich oben schon die Osmiumsäuren erwähnt habe, bestätigt. Da an diesen Schnürringen krystalloïde Substanzen, wie Lösungen von Argentum nitricum u. s. w. leicht nach dem Innern der Faser diffundirten, so schloss *Ranvier*, dass auch im lebenden Nerven hier eine Diffusion statthabe, und dass von hier aus die Ernährung des Axencylinders erfolge.

Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass aus den Markunterbrechungen, wie sie in verschiedenen Reagentien hervortreten, das Vorhandensein dieser in der lebenden Faser noch keineswegs geschlossen werden darf. Noch ungerechtfertigter aber dürfte es sein, aus postmortalen Diffusionen, wie sie nicht nur an dem Schnürringe, sondern auch an andern markleeren Stellen auftreten,

---

[1]) Recherches sur l'histolog., Arch. d. Physiol., Tome IV, 1871—72; ferner: Leçons sur l'histol. du système nerveux, Paris 1878.

auf solche in der lebenden Faser zu schliessen und darauf eine Hypothese über die Ernährung des Axencylinders zu bauen.

Die Thatsache, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinem centralen und peripheren Endorgan einem raschen Zerfall anheimfällt, beweist wohl vollständig, dass demselben eine Selbstständigkeit der Ernährung nicht zukommt.

---

Bei der seitherigen Untersuchung habe ich von einer Frage fast ganz abgesehen, die seit *M. Schultze*'s bekannter Arbeit in der Histologie der Nervenfaser eine grosse Bedeutung erlangt hat. Sie betrifft die angeblich fibrilläre Structur des Axencylinders.

Eine grosse Anzahl Forscher schloss sich dieser Ansicht über die Zusammensetzung des centralen Gebildes der Primitivfaser an; Andere sprachen sich dagegen aus. Doch fehlte eine Erklärung für die Bilder, wie sie nach Argentum nitricum auftreten, vollständig, bis *Kuhnt*, nach dem sichern Nachweis der Axencylinderscheide die fibrilläre Zeichnung auf eine Faltenbildung und Färbung dieser zurückführte. Er führte für diese Anschauung einige wichtige Gründe an.

Dass eine fibrilläre Streifung auch nach Auflösung des Axencylinders an der Scheide desselben hervortritt, habe ich schon oben beiläufig erwähnt. Nervenfasern, deren Axencylinder durch 24stündige Einwirkung von destillirtem Wasser gelöst sind, zeigen im Innern der Faser, an Stelle des anfänglich gequollenen Axencylinders, ein schmäleres Gebilde mit deutlichen Längsstreifen.

Dieser Befund legte es nahe, Fasern, deren Axencylinder gelöst war, unter der Einwirkung von Argent. nitr. zu untersuchen. Durch die Lösung im Körper nach der doppelten Durchschneidung schien die Möglichkeit der Färbung wenigstens ebenso vorhanden, wie für andere frische Präparate.

Zu diesem Zweck wurde der doppelt durchschnittene N. ischiadicus eines Frosches nach 4tägigem Verbleiben in dem Körper, gut zerzupft, der Einwirkung von Arg.-nitr.-Lösung ausgesetzt und nach gutem Auswaschen dem Sonnenlicht exponirt.

Nach längerer Einwirkung von absolutem Alkohol und Einbetten in Canadabalsam zeigte das Präparat dieselbe Zeichnung, wie die frischen, ihren Axencylinder enthaltenden Fasern. Man sieht an den Schnürringen dieselben schwarzen Kreuze, wie sie *Ranvier* zuerst dargestellt hat; und von ihnen aus lässt sich deutlich der angebliche Axencylinder mit den abwechselnden dunkeln und hellen Querstreifen, hie und da auch mit fibrillären Längsstreifen in der ganzen Länge der Faser bis zum Schnittende verfolgen. Die Färbung gelang mir stets gut, auch an Fasern, die nur drei Tage, oder auch längere Zeit, bis zu sechs Tagen im Körper verblieben waren. Dabei überzeugte ich mich durch Controlpräparate stets, dass der Axencylinder wirklich verschwunden war.

Damit ist auf das Evidenteste bewiesen, dass der mit Argentnm nitricum seither deutlich gemachte centrale Theil der Faser unmöglich der Axencylinder sein kann, dass also alle aus der Behandlung mit dem Silberreagens entstandenen Angaben über die Structur des Axencylinders, die fibrilläre Zusammensetzung einerseits, und die nervous elements *Schmidt*'s [1]), sowie die disques *Grandry*'s [2]) andererseits, nur ans der Färbung anderer Gebilde entsprungene Irrthümer sind.

Heidelberg, den 1. August 1878.

---

[1]) *Monthly*, microscop. journ. 1874, XII.

[2]) Bulletin de l'academie royal de Belgique, T. XXV.

# Zur Histologie der motorischen Nervenendigung.

Von W. Kühne.

(Mit sieben Holzschnitten.)

Durch die Arbeiten der letzten Jahre sind die vor geraumer Zeit von mir beschriebenen Formen der motorischen Nervenendigung erfreulicher Weise soweit bestätigt, dass dieselben der experimentellen physiologischen Bearbeitung als Grundlage zu dienen beginnen. Es ist den Methoden des Versilberns und Vergoldens zu danken, dass die im Ueberleben und Absterben immer noch schwer erkennbaren Bilder der intramuskularen Nervenverästelung heute allgemeiner bekannt geworden und dass es nur Wenige mehr giebt, welche nicht den Hauptresultaten jener Untersuchungen zustimmten. Darnach giebt es zwei Arten oder Typen der Nervenendigung, die eine nur bei den Amphibien (vielleicht auch bei den Fischen, mit Ausnahme der Rochen) vorkommende, mit weniger verästelten aber verhältnissmässig lang gestreckten Axencylindern von nahezu unveränderlichem Querschnitte (auch blasse Terminalfasern, französisch: „tiges“ oder „fibres pâles“ genannt), welche ich zuerst am Frosche beobachtete, die andere später von mir in den Nervenhügeln der Reptilien und Säuger gefundene, in Gestalt einer gelappten, durch vielfache Verästelung in sich zurückrankenden, stellenweise Anastomosen bildenden Platte. Die letztere ist in den ersten Minuten des Ueberlebens von so ausserordentlicher Durchsichtigkeit und von

ihrer Umgebung wenig verschiedenen Lichtbrechung, dass sie von Manchen ganz geleugnet, oder wegen des erst im Absterben deutlicheren Hervortretens für ein blosses cadaveröses Product genommen wurde, während man von anderer Seite zu verstehen gab, das Bild sei durch geronnenes in den *Doyère*'schen Hügel getretenes Nervenmark vorgetäuscht. Da meine ursprüngliche Angabe über die Veränderlichkeit und Zunahme der Lichtbrechung in der Platte nach dem Tode soeben wieder Bestätigung gefunden und die Goldmethode inzwischen auch Diejenigen für die reale Existenz der Platte eingenommen hat, welche nach den Versilberungsbildern noch Zweifel hatten, so darf wenigstens Dies für erledigt erachtet werden, dass nicht nur zwischen meinen Angaben über das ausschliessliche Vorkommen sog. blasser Terminalfasern bei den Amphibien und solchen Angaben, welche diese von mir gefundene Form intramuskularer Axencylinder den Nervenhügeln der übrigen Thiere ebenfalls zuschrieben, keine Gemeinsamkeit besteht, sondern dass auch das Object in Wahrheit Nichts davon zeigt. Der Unterschied zwischen meiner Darstellung der Platte im Nervenhügel und derjenigen, welche darin blasse Terminalfasern sah, ist grösser, als der zwischen einem entlaubten Weidenaste und dem Schaufelgeweihe des Damhirsches.

Eine der Darstellungsweisen der motorischen Nervenendigung mittelst der Vergoldung, habe ich die Freude gehabt, unter meinen Augen entstehen zu sehen (vergl. *A. Ewald*. *Pflüger*'s Archiv Bd. XII., S. 529), während ich durch die Güte des Verfassers der andern, die Vergoldung lehrenden Abhandlung (*E. Fischer*, Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. XIII, S. 365) Gelegenheit fand, auch die nach der *Löwit*'schen Methode erhaltenen Präparate, namentlich von Säugern und Vögeln zu sehen und mit den sehr getreuen Abbildungen des Autors zu vergleichen. Weniger bekannt, als diese werthvollen Arbeiten, dürfte die neueste wieder mit der Silbermethode durchgeführte Untersuchung von *Ciaccio*

(Mem. d. Accad. d. Sc. d. Inst. d. Bologna, Ser. III, Tom. VIII, 17. Mag. 1877) geworden sein, welche an dem vermuthlich günstigsten Objecte der Muskeln von Torpedo, wo *Trinchese* die Untersuchung schon mit manchem Erfolge begonnen, zu genau denselben, meine auf die Reptilien und Säuger bezüglichen Angaben bestätigenden Resultaten gelangt, wie vor 14 Jahren *Cohnheim*. Ich selbst kann behaupten, den Gegenstand seitdem niemals verlassen zu haben, und da mir die inzwischen erworbenen Erfahrungen über die Hornscheiden der Nervenfasern eine Untersuchung der freien Axencylinder in den Endigungen, oder deren Umformungen in den Muskeln, auf jenen verbreiteten Bestandtheil des Nervensystems zur Pflicht machten, so darf ich hoffen, dass einige daran anknüpfende Mittheilungen über die motorische Nervenendigung willkommen sind.

### Besitzen die intramuskularen Nerven Scheiden?

Verdauungsversuche an Muskeln mit Nervenenden angestellt, zeigten vollkommene Zerstörbarkeit des ganzen marklosen intramuskularen Antheiles; da die Methode jedoch den Eigenthümlichkeiten des Objectes wenig entsprach, habe ich mich noch eines zweiten Mittels bedient, das für die innere Hornscheide (Axencylinderscheide von *Remak* und *Kuhnt*) vortreffliche Dienste leistete und sich für den vorliegenden Zweck leicht auf die Muskeln ausdehnen liess. Dasselbe besteht in der von *Moleschott* auch zur Isolirung von Axencylindern u. A. angegebenen Mischung von 1 Vol. Eisessig mit 1 Vol. Alkohol und 2 Vol. Wasser, welcher der Erfinder bereits nicht zu viel nachgerühmt hat. Es gelang mir leicht, von Nerven, die 8—14 Tage darin verweilt hatten, die Axencylinder auf so lange Strecken wohl erhalten zu isoliren, wie es *Moleschott* angibt, ich fand aber, dass sie in der Regel bekleidet von der inneren Hornscheide, die sie nicht mehr ganz erfüllen, zum Vorschein kommen. Die Scheiden sind oft

besetzt mit seitlichen Anhängen oder Stücken der Stulpen, welche den mit Mark gefüllten Abtheilungen der Nervenfaser entsprechen, die von *Schmidt* und *Lantermann*, *Key* und *Retzius* u. A. entdeckt und beschrieben worden. Da die in Fig. 1 gezeichneten Anhängsel weder durch Chloroform, noch auf dem Objectträger durch Trypsin- oder Pepsinverdauung veränderlich sind und durch Aetzkali von 5—10pCt. ohne Erwärmen in einigen Stunden nicht aufgelöst werden, so ist die Verschiedenheit dieser Hüllen von Myelin- oder Albuminstoffen des Markes und die Identität mit dem Neurokeratin der inneren Hornscheide und der anhaftenden Bruchstücke des Hornnetzes ausser Zweifel.

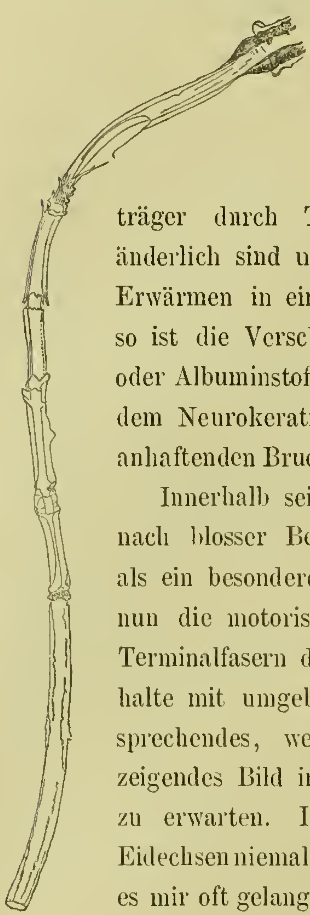


Fig. 1.

Innerhalb seiner Hornscheide ist der Axencylinder nach blosser Behandlung mit *Moleschott*'s Mischung als ein besonderer Strang gut zu erkennen. Beständen nun die motorischen Nervenplatten, oder die blassen Terminalfasern der Amphibien aus einem nervösen Inhalte mit umgebender Hornscheide, so wäre ein entsprechendes, wenigstens stellenweise zwei Contouren zeigendes Bild im Nervenhügel, oder im Froschmuskel zu erwarten. Ich habe indess an den Muskeln der Eidechsen niemals etwas davon bemerken können, obschon es mir oft gelang, die freilich nach längerer Einwirkung des Reagens sehr schmal gewordene Platte mit ihren Verästelungen über dem hellen Muskelinhalte und der ebenfalls recht durchsichtig gewordenen Plattensohle, deren Kerne stark geschrumpft waren, zu erblicken. Die Contouren erschienen überall einfach. Da sich die intramuskularen Nerven beim Frosche nicht anders verhielten, muss ich mit *Ewald* schliessen, dass die an Goldpräparaten der Frosch- und Eidechsenmuskeln zuweilen be-

merkten helleren Säume, welche die tief gefärbten Ausbreitungen des Axencylinders umgeben, nicht auf wirkliche Scheiden zu beziehen sind, sondern auf Ansammlungen eines formlosen, durch Gold nicht zu färbenden Materials, um die zusammengeschrumpften nervösen Antheile. Die genannten Bilder zeigten sich öfter an vergoldeten Endplatten der Eidechse, welche Herr *Borel* aus Neuchâtel im hiesigen Laboratorium in grosser Zahl und Vollendung hergestellt hatte, aber wir haben uns auch an diesen Präparaten nicht überzeugen können, dass die äussere, zum Muskel oder zur Plattensohle gerichtete Grenze jemals bestimmt genug gewesen wäre, um auf eine häutige Umhüllung schliessen zu lassen. Allerdings halte ich die Frage damit nicht für erledigt, denn es liegt immer noch die sehr bestimmte Angabe über intramuskulare, sogar mit Kernen versehene Axencylinderscheiden bei Torpedo von *Trinchese* vor (Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1867, p. 485), über welche ich bei meiner Unbekanntschaft mit diesem Objecte kein Urtheil besitze. Was ich in den Jahren 1868—1871, gelegentlich eines Aufenthaltes in Holland, an freilich nie im genügend frischen Zustande erreichten Exemplaren von *Raja* zu sehen bekam, sprach eher für, als gegen die Richtigkeit von *Trinchese*'s Beobachtungen. Somit bleibt mir nur Sicherheit hinsichtlich des einen Umstandes, dass die motorischen Nerven nur soweit Hornscheiden besitzen, als deren Markscheide reicht und von dieser erwies ich bekanntlich früher, dass sie sich genau bis zum Durchtritte durch das Sarkolemm, oder die Hügelmembran, niemals weiter erstreckt, ein Umstand, dessen auch *Ranvier* (Leçons: Syst. nerv. II, Paris 1878) in seiner sehr ausführlichen Schilderung dieser Verhältnisse gedenkt.

### Gestalt und Bau der Endplatten.

Trotz der Pracht und Deutlichkeit gut gelungener Vergoldungspräparate glaube ich warnen zu sollen, dieselben hinsicht-

lich der an der Platte zu constatirenden wichtigen Einzelheiten für ganz massgebend zu halten. Es mögen zwar manche nach *Gerlach*'s oder *Ewald*'s Verfahren gewonnenen Objecte die Platte in Gestalt und Grösse nahezu dem leidlich frischen Zustande entsprechend zur Anschauung bringen, die meisten thun es dagegen sicher nicht, am Wenigsten die nach *Löwit*'s Methode hergestellten, obgleich auch unter diesen Manches kaum zu bemängelnde vorkommt. *Fischer*'s Abbildungen (l. c. Taf. XXV, Fig. 11, *A B C*, Taf. XXVI, Fig. 12, 13) zeigen zum Theil deutlich, dass die Methode oft starke Einkerbungen und vollkommene Abschnürungen ganzer Lappen erzeugt, und ich habe dieselbe Erscheinung nicht nur nach diesem, sondern auch nach jedem anderen Vergoldungsverfahren häufig in solchem Grade auftreten sehen, dass von der Platte Nichts im Nervenhügel kenntlich blieb, als eine Anzahl völlig voneinander getrennter, tief gefärbter Kugeln oder keulenförmiger Gebilde. Den intramuskularen Axencylindern der Amphibien fehlt bekanntlich nach der Vergoldung ebenfalls zuweilen das glattere Ansehen des frischen Zustandes und es treten daran dieselben unvollendeten oder totalen Abschnürungen, oft unter Vorstülpung seitlich anhaftender Knöpfchen auf. Können so unzweifelhaft continuirliche Gebilde, deren Zusammenhang Jeder zugibt, zerklüftet und gesprengt werden, so darf man sich nicht wundern, wenn die Methode hinsichtlich der wichtigen Frage, ob die Platte Anastomosen besitzt, in vielen Fällen den Dienst versagt. Bei der Silbermethode sind jene Abschnürungen, die ganze Theile der Platte ersichtlich aus jeder Verbindung mit ihren Wurzeln lösen, bis jetzt weniger, meist erst nach späterer Misshandlung beachtet, es ist daher natürlich, dass sie die Anastomosen fast immer, zum Mindesten viel häufiger zeigt, als es die Goldpräparate ahnen lassen, und dass sämmtliche Forscher, die sich ihrer bedienten (*Cohnheim*, *Ewald*, *Ciaccio*), dieselben beschreiben

und abbilden. Umgekehrt kann in der gelegentlichen Erhaltung der Anastomosen nach dem Vergolden nur ein starker Grund für ihre Præexistenz gefunden werden, da man von einem Mittel, das natürliche Verbindungen trennt, nicht füglich annehmen kann, dass es neue anknüpfe; Niemand wird daher zweifeln, auf wessen Seite er zu treten habe, wenn die Goldmethode, wie es bei der Bearbeitung der motorischen Nervenendigung und der elektrischen Endplatten von Torpedo vorgekommen, dem einen Beobachter die Anastomosen zeigte, dem andern nicht.

In vieljähriger Vertrautheit mit dem Gegenstande bin ich nach Vergleichung der im Nervenhügel innerhalb aller Stadien des Ueberlebens auftretenden Figuren immer wieder zu der Ueberzeugung gekommen, dass man die Endplatte im allerfrischesten Zustande bereits angedeutet findet, obschon ich mich vergeblich bemühen würde, den Anblick durch Zeichnungen ganz meinen Wünschen entsprechend wieder zu geben. Heute, wo nach den Goldpräparaten Niemand mehr an der Existenz der Platte zweifelt, scheint darauf vielleicht nicht viel mehr anzukommen, ich muss aber Gewicht darauf legen, weil die bekannter gewordenen Bilder der durch vielerlei Einflüsse daraus entstandenen Umwandlungen erst verständlich werden und den vollen Werth erlangen, wenn man die frische Platte kennt.

Das beste Mittel, den allerfrischesten Zustand zu beobachten, scheint mir immer noch in der Verwendung überlebender Eidechsenmuskeln bei niederer Temperatur zu liegen, indem man zwischen Eisstücken schon im Leben abgekühlten Thieren die kaum mehr reagirenden und darum besonders glatt zu zerfasernden Muskeln entnimmt und nach dem Einlegen in ebenfalls gekühlte physiologische Salzlösung durch alle Stadien der Wiedererwärmung und der rückkehrenden Reactionsfähigkeit untersucht. Die Platte erscheint dann entweder, je nach der Unterlage, nicht contourirt, wie ausgespart, oder mit verwischten Umrissen versehen, und in

der ersteren Weise begrenzt, wo die feinkörnige Sohle sie umrahmt, in der letzteren, wo der gestreifte Muskelinhalt die Nachbarschaft bildet; es können also nur diejenigen Platten in ihrer ganzen Ausdehnung das Bild eines ausgesparten Musters geben, deren Ränder sämmtlich von Sohlensubstanz überragt werden, was der weniger häufige Fall ist. Ich habe einen solchen in Fig. 36 b, S. 159 des *Stricker*'schen Handbuches abgebildet. In den meisten und gerade in solchen Fällen, welche wegen geringerer Complication der von der Platte erzeugten labyrinthischen Zeichnung zur Orientirung den Vorzug verdienen, nimmt die Kerne führende, punktirte Sohle nicht die ganze untere Fläche der Platte ein, so dass dieselbe nur an einigen Stellen von dieser, an vielen anderen direct von Muskelsubstanz begrenzt wird. Folge davon ist das Auftreten von Contouren, wenn auch diffusen, die den zu unbelegter Muskelsubstanz gewendeten Rand eines Lappens in anderer Weise, als die übrigen von der Sohle überragten, und namentlich die Wurzeln der Platte an der zutretenden markhaltigen Nervenfaser, wo die Sohle häufig fehlt oder zu schmal ist, leidlich scharf, die daraus entspringenden Lappen durch den Gegensatz noch verwaschener erscheinen lassen. Wo man das erstere sieht, kann ein breiter Lappen für eine schmale Faser, nicht breiter, als es dessen einer Contour ist, oder bei Beachtung auch des andern Randes für das Bild von zwei solchen am Ende einander zustrebenden Fasern, gehalten, wo das letztere vorliegt, ein kurzer und nicht selten natürlich auch mässig verästelter Stummel, für das ganze Nervenende genommen werden, der in Wirklichkeit nur die Wurzel eines sich reich entfaltenden Plattenlappens ist. Erwägt man hierzu, dass ein nicht körnig begrenzter Rand oft stellenweise wieder seitlich von Ausbuchtungen der Sohle überragt wird, so begreift man das thatsächlich zu beobachtende, anfänglich so räthselhafte Abbrechen und Wiederauftauchen der genannten Contouren. Ich glaube, dass ich nie-

mals von diesen Bildern zur Erkenntniss der wirklichen Gestalt der Platte gelangt wäre, wenn ich nicht zeitig auf die selteneren, verhältnissmässig einfachen Formen (vergl. Taf. XIV, Fig. 4, *Virchow*'s Archiv, Bd. XXIX) gestossen wäre, welche solche Muskelfasern darbieten, die kaum eine Prominenz am Orte des Nervenzutrittes und jene mehr langgestreckten Verästelungen einer mässig gelappten Platte besitzen, und wenn ich nicht an den verwickelteren die Entstehung der cadaverösen Veränderungen nach Form und Lichtbrechung verfolgt hätte.

Indem ich die letztere Untersuchung wieder aufnehme, muss ich vor Allem den Irrthum hervorheben, in den das Verkennen der oben erörterten Ueberlebensbilder führt. Wer die anscheinend kurzen und zu schmalen Contourzeichnungen für die der ganzen Platte nimmt, muss selbst dann noch, wenn er die im Laufe der Contouren fehlenden Stücke ergänzt, die Platte für weniger umfangreich, hauptsächlich für viel schmäler halten, als sie ist. So sind die nach meinen Publicationen von Anderen veröffentlichten Bilder von Nervenhügeln entstanden, welche den darin vermeinten blassen Terminalfasern wohl die reichere, eigenartige, in sich zurückneigende Verästelung (franz.: „arborisation") im Sinne einer Zustimmung zu meiner Auffassung ertheilen, aber von der Ausbreitung in Lappen Nichts erkennen lassen. Ich kenne keine Nervenhügel mit so schmalem Geäste, bei so mächtiger Sohle, wie die von *Frey* (Handb. d. Histol., 5. Aufl., S. 348) als ausdrückliche Bestätigung meiner Angaben abgebildeten, aber ich verstehe, wie die Platte dazu gekommen, in der von *Frey* als „geweihförmige" Figur bezeichneten Weise dargestellt zu werden und zweifle kaum, dass der Autor, bei erneutem Eingehen auf den Gegenstand, zu weiterer Uebereinstimmung mit mir gelangen wird.

Hält man die Verzweigungen der Platte im Ueberleben für schmäler, als sie sind, so kommt man zu der durch keine Beobachtung zu unterstützenden Annahme, dass sie durch Absterben,

ja selbst unter der Einwirkung von Goldsalzen, oder von verdünntem Alkohol, grösser, besonders breiter werden. Man vergleiche die Zeichnungen *Ewald*'s (l. c. Taf. VII, Fig. 9 u. 10), *Fischer*'s und *Ranvier*'s (Leç. II, Taf. VII, Fig. 2) von vergoldeten Endplatten, mit der vorgenannten, und selbst mit *Ranvier*'s (l. c. Taf. VIII, Fig. 1) eigener Abbildung eines frischen Präparates, und man wird das Volumen der gehärteten Platten überall grösser finden, als das der frischen.

Zur weiteren Erörterung der am motorischen Nervende beachtenswerthen Einzelheiten möge die Abbildung, Fig. 2, eines ohne Reagentien hergestellten Präparates dienen. Dieselbe stellt vielleicht das beste und klarste Object dieser Art vor, das mir jemals zu Gesichte gekommen und ich kann behaupten, dass keine Linie des Holzschnittes abweicht von der Copie, die

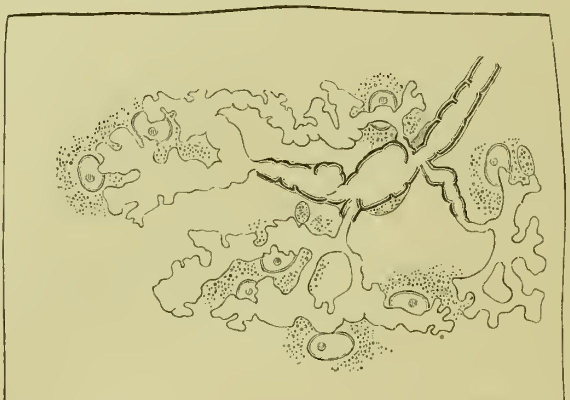


Fig. 2.

ich davon mittelst des Zeichenprismas in der objectiven Weise anfertigte, dass ich die Bleifederspitze nur im Anfange des Nachziehens leidlich erkannte. Wenn man bei dieser Art zu zeichnen, die Linien nachträglich continuirlich und nach so verwickeltem Verlaufe glatt in sich zurückkehrend findet, empfängt man die grösste überhaupt erreichbare Sicherheit über die Treue der Copie, die ich übrigens in diesem Falle noch durch das Zeugniss mehrerer competenter Beobachter verstärken konnte. Ich habe die

Figur nach einer vollkommen isolirten Muskelfaser aus dem Oberschenkel von Lacerta muralis mehrere Male hintereinander gezeichnet, zuerst so, dass ich das Bild aus den vorerwähnten unvollkommenen Andeutungen zu construiren suchte. Doch blieben mir im ersten Stadium die Gestalten des in der Figur unteren Theiles der Platte, namentlich die dort befindliche Anastomose unklar und von dem kleinen rechts befindlichen Lappen sah ich fast Nichts. Der Holzschnitt entspricht dem etwa ½ Stunde nach Herstellung des Präparates sichtbar Gewordenen, woran ich die an einzelnen Stellen stärker in die Lappen einspringenden Ränder für den Ausdruck nicht mehr normaler Falten und Einkerbungen halte. Die ganze Zeichnung, verglichen mit den zuvor entworfenen, hat mich sehr entschieden überzeugt, dass die anfangs festzustellenden Grenzen jedes Lappens weiter von einander liegen, als die später schärfer hervortretenden, dass die Platte also im gewöhnlichen Absterben schon etwas schmäler wird.

Von Einzelheiten des Bildes wäre Folgendes zu erwähnen: Die zutretende Nervenfaser auf dem Sarkolemm zeigt eine den Endbüschen der Amphibien ähnliche Verzweigung in kurze markhaltige Aeste, so dass die Platte aus 4 erkennbaren Wurzeln entspringt. Dies ist bekanntlich bei Lacerta nicht immer der Fall, da sogar Platten mit einer einzigen Wurzel nicht selten sind. Doch unterliegt man darin leicht Täuschungen, denn ich habe Nervenhügel gesehen mit anscheinend zwei- bis dreiwurzeligen Platten, wo man bei genauerer Betrachtung 7—9 sehr kurze und schmale markhaltige Aestchen, zum Theil erst aus nacheinander folgenden Theilungen hervorgegangen fand. An dem extramuskularen Nerven finden sich Kerne, Bindegewebskerne der *Schwann*'schen Scheide und auf der Oberfläche des Hügels zwei ebensolche dessen in das Sarkolemm fortlaufender Membran angehörig. Diese von *W. Krause* gefundenen und als Kerne der Bindegewebsmembran bezeichneten Körper (franz.: „noyaux de l'arbo-

risation“) kommen den Hügeln in sehr verschiedener Anzahl zu.

Alle Theile der Endplatte entspringen aus schmäleren Wurzeln, wie die Abbildung zeigt, von verschiedener Länge. Die Lappen der Platte bilden durch Kerben wieder mehrere kleinere, secundäre Läppchen und diese sind in ebenso auffallender Weise vielfach gegeneinander gerichtet, wie es die primären sogar verschiedener Wurzeln sind, so dass eine Aehnlichkeit mit Terrains entsteht, die früher mit einander verbunden, durch spätere Gewalten getrennt worden. An drei Stellen sieht man Anastomosen der Lappen, von welchen die rechts befindliche, welche Lappen derselben Wurzel verbindet, als unecht, als ein Loch in der Platte bezeichnet werden könnte. Diese anscheinende Wiederverbindung bereits getrennter Nervenfasern wird von Manchen als an Endschlingen erinnernd bezweifelt, oder für Täuschung durch Uebereinandergreifen erklärt. Ich zweifle nicht an dem Vorkommen des letzteren, da der Nervenhügel häufig hoch genug ist, um mehrstöckige Platten zuzulassen, aber ich finde auch da Stellen, wo auf den Brücken keine Linie zu sehen ist und kein Einstellungsversuch anschlägt, woraus Widersprüche gegen echte Anastomosen hervorgingen. Unter den Lappen der Platte liegen die bekannten Kerne des Nervenhügels (franz.: „noyaux fondamentaux“), umgeben von feinkörniger Substanz (Protoplasma), das schon an den frischesten Präparaten meist helle, die Kerne umgebende Höfe einschliesst. Man sieht diese Sohle in dem in Fig. 2 dargestellten Falle nicht gleichmässig unter der Platte verbreitet; sie liegt zum Theil unter den Lappen versteckt, zum Theil breitet sie sich daneben unter dem Sarkolemm weiter aus, aber niemals umwallt sie die Ränder der Lappen oder legt sich zwischen diese und die Hügelmembran. Es ist daher unrichtig, wenn gesagt wird, das Geäste sei in die genannte Masse vergraben. Einzelne Lappen endlich entbehren derselben ganz und

berühren den Mantel des contractilen Cylinders direct. Obwohl dies letztere nicht allen Endplatten der Reptilien eigenthümlich ist, verdient es Beachtung, denn es lehrt ebenso, wie das Vorstehen oder Ueberragen der Sohlensubstanz, dass ihre Körnchen nicht als optische Querschnitte der Fäserchen eines feinsten Nervenrasens, mit dem die ganze untere Plattenfläche den Muskel berühren sollte, aufzufassen sind. Ich habe selbst früher auf die innigere Verbindung der Sohle mit der Platte, hingewiesen, welche die Kerne und deren Umgebung der Platte, nicht dem Muskel folgen lässt, wenn der Inhalt des Nervenhügels vom Muskelgerinnsel durch Serum abgehoben wird, und darin ein beachtenswerthes Factum gefunden; aber ich würde es bedauern, wenn dies Anlass zur Aufstellung jenes Nervenrasens, die sich auch auf die elektrischen Platten von Torpedo erstreckte, und dort mit eigenthümlichen Modificationen unter dem Namen eines besonderen „Structurverhältnisses" bewahrt wird, gegeben haben sollte.

Ueber die eben erwähnten Einzelheiten glaube ich mich heute mit um so grösserer Sicherheit aussprechen zu dürfen, weil ich ein ausgezeichnetes Mittel anzugeben vermag, mit dem es Jedem gelingen muss, dieselben zu constatiren. Es ist dies die von Dr. *Mays* mit vortrefflichem Erfolge zum Studium der Sehnenzellen verwendete Lösung des Ferrosulfates. Eine Lösung von 1 pCt. Eisenvitriol, oder des für unsere Zwecke vorzuziehenden Ammoniak-Doppelsalzes, dürfte das geeignetste Medium zur Untersuchung der Platten sein. Muskel, Platte und Nerv sterben darin ab, aber die sichtbaren Veränderungen verlaufen so allmählich, und es bleiben, ähnlich wie bei den Sehnenzellen, die Kerne und deren Umgebung so lange von fast normalem Aussehen, dass man mit aller Musse die in den folgenden Figuren 3—7 dargestellten, nach einander auftretenden Veränderungen betrachten kann. Man zerfasert die frischen Präparate gleich in

einem Tropfen der jedesmal frisch bereiteten Eisenlösung, was weit besser gelingt, als in NaCl, oder Serum, und ist dann sicher in der nächsten Minute eines der dargestellten Bilder zu sehen. Die Platte wird zunächst ausserordentlich deutlich und dürfte in diesem ersten Stadium nach Gestalt und Ausdehnung wenig vom Lebenszustande abweichen.

Fig. 3 wurde von einem solchen Objecte mit dem Zeichenprisma copirt. Es stellt ein Profilbild von möglichster Reinheit dar, das an den nicht allzu seltenen Nervenhügeln, deren längere Begrenzung fast durch eine gerade Linie zu bezeichnen ist, auftritt. Die punktirte Linie stellt die übrigen, wie man sieht, ein längliches Viereck bildenden Grenzen der gesammten Nervenendigung, nach dem Anblicke tieferer Einstellungen dar. Dieses und viele ähnliche von mir gesehene Bilder lassen in der unteren Plattenfläche radiär zum Muskelcylinder gestellte Fortsätze, Lappen oder Zapfen vermuthen, welche wenigstens an ganz besohlten Exemplaren die physiologisch wünschenswerthe directe Berührung mit der contractilen Substanz vermitteln könnten. Die das Dach der Hügelwölbung einnehmende Platte würde dann als eine auf den Cylindermantel des Muskels gelegte, von Streben oder Füssen erhobene, flache Kuppel anzusehen sein. Es wird indess auch an den besten Profilen kaum möglich sein, über diesen wichtigen Punkt zu entscheiden, da man auch Ausläufer am Rande eines Lappens, besonders solcher, die nicht bis zur Peripherie der Hügelbasis reichen, für solche Stützen halten kann. Querschnitte frischer, oder in verschiedener Weise gehärteter Muskelfasern, die darüber einst

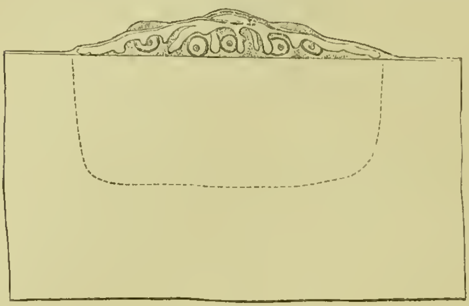


Fig. 3.

entscheiden werden, von dem Zwecke genügender Klarheit herzustellen, wollte mir bis jetzt nicht glücken. Unzweifelhaft wird durch die Profilbilder nur, dass die Platte an der Wölbung des Hügels theilnimmt, und dass die Kerne und die Körnchen nur zum Muskel hin eine Fläche bilden, während sie im Uebrigen den Dachraum unter der Wölbung ausfüllen. In dem abgebildeten Präparate wird die Sohle nach 2 Richtungen von der Platte überragt; es trifft jedoch, wie Fig. 2 schliessen lässt und häufig genug an Profilen direct zu sehen ist, auch das Umgekehrte zu.

Fig. 4 stellt eine Nervenendigung mit reichem labyrinthischen Geäste der Platte im Zustande der Anfangswirkung des Eisensalzes dar. Die Sohle ist hier sehr entwickelt, aber es gibt immer noch einzelne Stellen an den Rändern der Platte, die nicht von ihr überragt werden. In der Mitte (oben besonders) finden sich etwas über einander greifende Lappen, die unter Umständen für Anastomosen zu halten wären. Echte Anastomosen zeigen die Lappen ausserdem und man sieht es einem Theile der betreffenden Stellen an, dass sie reissen werden, wenn während weiterer Einwirkung des Reagens Schrumpfungen der Platte eintreten, was oft genug unter den Augen des Beobachters geschieht. Die sich dabei entwickelnden Veränderungen der Platte sind der Reihe nach in Fig. 5, 6, 7 dargestellt.

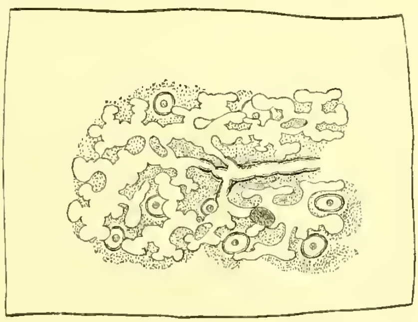


Fig. 4.

Fig. 5 zeigt die nächst schwächste Wirkung an den jetzt entwickelten mehr keulenförmigen Bildungen der Lappen und an wenigen schon vollendeten Abschnürungen. Der Contour müsste etwas kräftiger sein, als er im Druck ausgeführt ist: er wird

(Fig. 6) doppelt, zur Zeit, wo das Reagens die Kerne zu trüben beginnt und schrumpfen macht. Endlich verliert der grösste Theil der Platte den Zusammenhang und das Bild wird wie Fig. 7. An diesen Zerfallsproducten der Lappen sollten die Contouren auch überall doppelt gezeichnet sein; doch war dies im



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

Holzschnitte nicht mit dem richtigen Effecte auszuführen. Die mit abgebildeten Veränderungen der markhaltigen Nervenfaser durch die Eisenlösung sind hier ohne Interesse.

---

Der frischeste Zustand, in dem wir die motorische Endplatte sehen können, stellt natürlich nicht den des Lebens selbst dar, denn wenn es auch an den dünnen Hautmuskeln der Schlangen ohne Verletzung und Zerfaserung gelingt, den Nervenhügel mit dem der Platte eigenthümlichen Muster zu sehen, während ein mechanischer Reizversuch an dem zutretenden Nervenstämmchen durch die Zuckung Sicherheit gibt, dass darin noch erregbare Platten enthalten sind, so hat man sie noch nicht von den graden gesehenen Exemplaren. Gäbe es deren viele, so wäre man schon sicherer, aber es liegt in der Natur des Objectes, dass es wenige sind und dass oft nur eine auf einer hinlänglich oberflächlich ge-

legenen Muskelfaser so ausgebreitet ist, um die nöthigen Einzelheiten daran wahrnehmen zu können. Es hat Herrn *Borel*, trotz grosser Mühe und Sorgfalt nicht gelingen wollen an aufgebundenen Schlangen, Muskeln, die einerseits mit einem Hautlappen, andererseits mit dem Stamme des Thieres noch verbunden waren, durch ausgeschnittene Fenster so zur Anschauung zu bringen, dass man die Platten hätte untersuchen können, obwohl der hübsche Anblick des Blutlaufes im Muskel zuweilen erreicht wurde. Bei einzelnen Insekten kann man freilich die Nervenendigung innerhalb des unverletzten lebenden Thieres sehen und sich auch überzeugen, wie die normale Muskelwelle von dort ihren Anfang nimmt, aber in diesen Nervenhügeln ist die eigentlich nervöse Endigung leider noch zu wenig bekannt. Das Ablaufen einer Muskelwelle von der Gegend des Nervenhügels her wird Jeder, der Eidechsenmuskeln vielfach untersucht hat, natürlich auch gesehen haben, ebenso das Durchgehen einer an irgend einem andern Punkte begonnenen Welle unter dem Nervenhügel her, aber wenn dies auch beweist, wie frisch und überlebend solche Präparate zur Anschauung kommen, so gilt es doch immer nur vom Muskel, nicht von seinem Nervenansatze.

So bliebe denn im Augenblicke nichts übrig, als sich mit den grade erreichbaren für frisch genommenen Zuständen zu begnügen, oder Mittel zu ersinnen, um den Lebenszustand im Körper so zu fixiren, dass keine weiteren Veränderungen der Plattengestalt mehr zu befürchten ständen. Für Muskeln kennen wir aus der schönen Arbeit von *Flögel* über Trombidium (Arch. f. mikrosk. Anatom. VIII., S. 69) ein solches Mittel in der $OsO_4$, das eine Contractionswelle abzufangen und alle Zustände der beginnenden, maximalen und wieder erlöschenden Contraction dauernd vorzuführen vermag. Dasselbe ist auch von *Ranvier* zum Fixiren der Endplatten verwendet, indem es in die Muskulatur lebender Eidechsen eingespritzt wurde und in der That findet man an den

darnach hergerichteten Muskelfasern den Inhalt des Nervenhügels nicht anders, als an überlebend in $OsO_4$ gelegten, deren Verhalten ich schon vor langer Zeit (*Virchow*'s Arch. 29, S. 207) auch an Muskelquerschnitten beschrieben habe: die Platte zeigt sich nicht viel deutlicher und wenn überhaupt verändert, vielleicht um ein sehr Geringes geschrumpft, sicher nicht gequollen. Ganz ähnlich verhielt sich mit 2 Vol. Wasser verdünnter Alkohol, jenes von *Ranvier* zu vielen Zwecken vorgeschlagene und vorzüglich bewährte Reagens: es ändert die Platte, durchaus im Gegensatze zu *Ranvier*'s Darstellung (l. c. Taf. VIII, Fig. 1 u. 2), kaum und macht den Muskel in den meisten Fällen ohne wesentliche Aenderung seiner Durchsichtigkeit erstarren. Unmöglich bleiben nach allen diesen Erfahrungen natürlich Differenzen der lebenden und der noch als am frischesten zu bezeichnenden, gesehenen Platten nicht, ja es ist sogar wahrscheinlich, dass die ersteren breiter und von glatterer Berandung sind, als fast alle Bilder sie darstellen, denn ein kleiner in dieser Hinsicht bemerkenswerther Unterschied findet sich ohne Zweifel zwischen den besten Ansichten, die ein unzerfaserter ohne jeden Zusatz betrachteter Schlangenmuskel neben isolirten Fasern desselben Thieres darbieten. Soll ich meine Meinung darüber näher bezeichnen, so würde sie lauten, dass ich mir die Platte im Leben reicher an Anastomosen und diese von breiteren Verbindungsbrücken hergestellt denke, als man sie später gewöhnlich findet, und dass ich nach dem factisch beobachteten Reissen solcher Verbindungen sehr geneigt bin, dieselbe Entstehungsursache für manche in den Lappen selbst zu findende Ausschnitte oder Löcher (unechte Anastomosen) anzunehmen. So würde die lebende Platte ihrem Namen noch mehr entsprechen und deren Typus durch ein Bild, dessen Erinnerung mir immer geblieben, wiedergegeben sein, welches ich früher nach einem abgestorbenen Präparate, wo besonders glückliche Umstände die gewöhnlichen Deforma-

tionen beschränkt hatten, erhielt (vergl. *Virchow*'s Arch. 29, Taf. XIV, Fig. 3). Bemerkenswerther Weise stellt jene Figur eine einwurzelige Nervenendplatte dar.

Von grossem Werthe würde es sein, wenn sich erweisen liesse, dass die Platte in der feineren Structur und im chemischen Baue vollkommen identisch mit dem Axencylinder der zutretenden markhaltigen Faser sei. Wenn es einstweilen keine Gründe gibt, das Gegentheil anzunehmen, so kann dies auch an der sehr geringen Kenntniss, die wir vom Axencylinder überhaupt haben, liegen.

In dem Verhalten verdünnter (1 p. m.) $OsO_4$ zum Axencylinder und zur Platte findet sich ein Unterschied, der hier nicht zu übergehen ist: der erstere schwillt colossal, während das Volum der letzteren nahezu unverändert bleibt. Wo nur frische Nervenfasern gehörig isolirt und angerissen jener Säure unterliegen, tritt der Axencylinder wie ein langer gespannter Darm, von der 3—4 fachen Dicke stärkster markhaltiger Fasern hervor, oft Schleifen bildend, deren Fortsetzung wieder in ein Mark und Scheiden führendes Stück einkehrt. Man sieht dieselbe Erscheinung auch, obschon seltener in stärkerer $OsO_4$ von 1 pCt., wie kaum zu bezweifeln, nachdem ein Theil der Nervenfasern des Präparates die Säure durch Reduction so verbraucht, dass ein anderer verdünnterer Lösung unterliegt. Die verdünnte Säure lässt auch das Mark in erstaunlicher Weise anquellen, so dass es überall in Gestalt dickwandiger Stulpen auf den Axencylinder gereiht erscheint, wo die *Schwann*'sche und die äussere Hornscheide erst nachgegeben haben oder gerissen sind. Die *Schmidt-Lantermann*'schen normalen Stulpen werden dabei immer deutlicher, indem sich ihre gegen einander gerichteten, ursprünglich schmalen Umfänge endlich zu schrägen und gezähnelten Stutzflächen mächtiger Schwartenringe von grauer Farbe gestalten.

In der Platte ist keine Spur solcher Veränderungen zu sehen, doch wird hieraus erst Weiteres zu schliessen sein, wenn der

Versuch an hinlänglich durch seröse Ausscheidungen in todtenstarren Muskelfasern isolirten Platten angestellt sein wird, so dass ihnen Raum zum Quellen bleiben würde. Fehlt diese letztere Bedingung, so ahnt man auch am Nerven nichts von der genannten, den gewöhnlichen Annahmen über die Wirkung der $OsO_4$ so sehr widersprechenden Schwellung, von der ich mich auch nicht erinnern kann, irgendwo in der Literatur Andeutungen gefunden zu haben. Die jetzige Erfahrung fordert jedenfalls zur Vorsicht auf gegen die unterschiedslose Verwendung dünner $OsO_4$ zur Erhaltung normaler Gewebsformen und erheischt fernere Untersuchungen über das Verhalten markloser Nerven, die so häufig grade mit diesem Reagens behandelt werden. An den blassen Opticusfasern der Netzhaut des Kaninchens, denen die Quellung verhütende Hüllen fehlen, fand ich den alten Ruf der verdünnten Säure auch bewährt, insofern sie keine Quellung erzeugte, aber es scheint mir darin nur eine besondere Mahnung zu liegen die Reaction weiter zu beachten (vergl. unten).

Sieht man die Rissstellen der in $OsO_4$ stark verdickten Axencylinder an, so findet man sie nicht von der Gestalt eines abgebrochenen oder ausgezogenen Gallertcylinders, sondern kurz abgestutzt, und mit einem Faltenkrönchen oder einem grad aufsitzenden kurzen Schopfe versehen, der sehr den Eindruck eines abgewürgten Häutchens macht und stark vermuthen lässt, dass der Axencylinder innerhalb seiner Hornscheide noch eine andere, ein sehr dehnbares glattes Häutchen besitze. Vielleicht sind darauf auch die nach dem Absterben an der Platte zum Vorschein kommenden doppelten Contouren (vergl. Fig. 6) zu beziehen. Dergleichen kann freilich ebenso in Folge der steigenden Lichtbrechung des Plattenmaterials auftreten, aber es ist der Gedanke doch nicht abzuweisen, dass Gerinnungen, auf denen das letztere beruhen dürfte, ausserdem ein Zurückziehen des Inhaltes von jenem Häutchen bewirken.

Ich komme hiermit zur Frage von der Natur der Todesänderungen im Nerven überhaupt und kann nicht umhin, an meine hier wieder bestätigten älteren Erfahrungen über die sichtbaren Aenderungen der Nervenendplatte, die sich grade innerhalb der Zeit des Absterbens geltend machen, anzuknüpfen. Dieselben sagen kurz gefasst, dass vor dem Tode des Muskels und vor dessen Säuerung schon leichte, aber mit jeder wünschenswerthen Deutlichkeit erkennbare Einziehungen, Kerben oder wie man es nun nennen will, in der Platte auftreten und dass deren optisches Verhalten sich ändert. Dass dieses Alles auch, obschon langsamer, geschieht, wenn man den Muskel gar nicht zerfasert, sondern am Leibe absterben lässt oder dem Blutstrome entzieht, lehrt jede bis zur Reactionslosigkeit der motorischen Nerven abgestorbene Eidechse, deren Muskeln auf directen Reiz noch zucken, und ist an Kaninchenmuskeln, deren Arterien so lange unterbunden waren, dass sie Nervenreize nicht mehr beantworten, beim ersten Vergleiche mit schleunigst hergestellten Präparaten normaler Muskeln bemerkbar. Niemand kann bezweifeln, dass die Endplatten so behandelter Muskeln nur bis zu einem gewissen, Restitution zulassenden Grade, verändert sind, denn sie reagiren wieder auf Nervenreiz nach erneuter Versorgung mit Blut: was man also an den Endplatten gesehen hatte, bezeichnete vermuthlich nicht den definitiven Tod oder einen unwiederbringlichen Verfall, sondern einen Zustand, den man mit jedem Rechte als Lähmung bezeichnen kann.

Ich habe vor vielen Jahren, unter starker Reserve freilich, angegeben, die Platten von *Lacerta* würden nach reichlicher und länger dauernder Curarevergiftung in der Lähmung ebenso deutlich, stark lichtbrechend und markirter in den Contouren, wie nach dem Absterben im Allgemeinen. Da inzwischen Niemand wieder eine einigermassen mit meinen Beschreibungen und Abbildungen übereinstimmende Darstellung der frischen Platte ge-

geben hat und die heutige allgemeine Uebereinstimmung mit mir auf den Gold- und Silberpräparaten, bei *Ranvier* auch auf in verdünnten Alkohol gelegten fusst, welche sämmtlich bei dieser Angelegenheit nicht in Betracht kommen, so ist es selbstverständlich, dass jene Angabe über das Curare noch der Bestätigung durch Andere harrt, aber unverständlich, wie sie für widerlegt gehalten werden konnte und deshalb auch irrelevant, dass meine Reserven, dem Brauche entgegen, dabei keine Berücksichtigung gefunden (vergl. Monatsber. der Berliner Acad., 11. Nov. 1875, S. 720). Heute bin ich nun in der erfreulichen Lage, die frühere Zurückhaltung aufgeben zu können, denn man kann in der That unschwer nachweisen, dass das Curare, indem es die motorischen Nerven gründlich lähmt, dieselbe sichtbare Veränderung an den Platten hervorruft, wie das Absterben, aber unter Umständen, unter welchen jenes sonst nicht erfolgt. Ich bin dessen nach langer Erfahrung so sicher, dass ich mich anheischig mache, an dem mikroskopischen Präparate binnen Kurzem zu entscheiden, ob es von einer seit 4—6 Stunden mit $^1/_2$ Cub.-Cent. 5procentiger Curarelösung vergifteten Eidechse oder von einer zur nämlichen Zeit geköpften, des Rückenmarks beraubten, strangulirten oder verbluteten herrühre. Meine letzten bei hoher Sommertemperatur angestellten Versuche beziehen sich ausserdem auf Vergleichsobjecte, deren Nervenstämme wenigstens auf mechanische Reizung keine Zuckung mehr erzeugten. Indem ich ohne alle Kenntniss der verwendeten Thiere, deren Aussehen und Grösse bleibe, und dafür gesorgt ist, dass an den Muskeln weder in der Blutfülle noch mittelst der Erregbarkeit irgend etwas für die Vergiftung sonst Charakteristisches als Merkmal kenntlich wird, bin ich vollkommen sicher, die Curaremuskeln jedesmal herauszufinden. Will man das Examen bestehen und in der besten Weise an sich vornehmen lassen, dass nicht die enthäuteten Schenkel oder ganze Muskeln, sondern von andrer Hand gefertigte

mikroskopische Objecte der Entscheidung dienen müssen, so ist bei der Assistenz ausser Geschicklichkeit auch guter Wille voraus-zusetzen, denn es ist natürlich nicht schwer, ein Muskelpräparat so zu drücken, oder auf andere Weise zu misshandeln, dass die Endplatten der gesundesten Muskeln maximal vergifteten ähnlich oder gleich werden. Wird dergleichen vermieden, so weiss ich unter den jenen Thieren entnommenen Objecten in etwa einer Stunde die Entscheidung zu treffen und nach dem überaus deutlichen Hervortreten der Platten zu sagen, welche eine von den in der genannten Weise verschiedenartig abgetödteten Eidechsen vergiftet worden. Man hat dazu nur so lange zu suchen, bis ein auf der oberen Seite einer wohlerhaltenen Muskelfaser befindlicher Nervenhügel in der Aufsicht, nicht im Profile, sichtbar wird. Erkennt man daran ohne Zusatz oder nach dem Einlegen in Serum oder dünne Salzlösung die Platte scharf genug, um sie gut zeichnen zu können, so liegt maximale Curarevergiftung vor.

Dass einige Uebung und Erfahrung dazu gehöre, ist anzunehmen, denn der Neuling wird beim Begegnen einer groblinigen Platte nicht gleich mit beurtheilen, ob sie oder die ihr unterliegende und darauf zurückwirkende Muskelsubstanz irgend welchen andern, dem Geübten kenntlichen Schaden in einem unvergifteten Präparate erlitten.

Mit besonderem Nachdrucke ist hinzuzufügen, dass diese Angaben sich nur auf starke, der Dosis und Zeit nach maximale Vergiftungen beziehen. Wiederholt habe ich mich auf die Probe stellen lassen mit schwächer oder kürzere Zeit vergifteten Thieren und dabei in der Regel Irrthümer begangen oder die Sache aufgeben müssen. Dennoch zweifle ich gar nicht, dass Alles geschehen war, um nicht nur die bekannteren Effecte der Vergiftung zu erreichen, sondern auch genug um den totalen Erregbarkeitsverlust der intramuskulären Platte zu bewirken, was recht gründliche Vergiftung voraussetzt.

Ein Zustand der Lähmung erzeugt durch Gerinnungen im Axencylinder, welche noch nicht sichtbar sind, ist ebenso wahrscheinlich, wie es gewiss ist, dass fibrinöse Lösungen fest werden, ehe man es sieht und ich sehe am Baue der Axencylinder oder der Platten Nichts, was der Contraction und Verdichtung eines in deren Imbibitionsflüssigkeiten entstandenen Coagulates nicht eher hinderlich als fördernd sein müsste. Seit *v. Fleischl* (Festgabe f. *C. Ludwig* LI.) die allgemeine Ueberzeugung von der Schrumpfungsfähigkeit des Axencylinders in den Mitteln, welche gewöhnlich zu seiner Darstellung benutzt worden, befestigte, indem er zeigte, dass Querschnitte von in $OsO_4$ gehärteten Nerven denselben dick, mit schmaler Markrinde umhüllt erkennen lassen, steht den angenommenen Gerinnungen wenig mehr im Wege.

---

Wo nur ein Nerv endet oder entspringt, wird gefragt, ob der Axencylinder sich umwandle, etwas Anderes oder Neues werde und andere Lebenseigenschaften annehme. Dass es so in der Ganglienzelle und im Sinnesepithel sei, ist nicht zu bezweifeln, aber um so beharrlicher wird die absolute Gleichheit aller leitenden Fasern, sei es markführender oder blasser vorausgesetzt. Diese Auffassung dürfte der experimentellen Histologie in Zukunft schwerlich standhalten. Heute, da die Lehre vom gleichen Leitungsvermögen sensibler und motorischer Nerven auf sicherer Unterlage steht und, nachdem den Leitfasern Alles genommen ist, was ihnen zum Schaden des grossen Satzes von den specifischen Energieen der Centralorgane aufgebürdet worden, hat es keine Gefahr mehr, an Unterschiede von Nerven zu erinnern. Dahin gehören die erschwerte Verheilung sensibler und motorischer Stämme und alle die Einwände, die man dem Glücken solcher Versuche machen kann, vor Allem der, dass man nicht weiss, welcher Veränderung die widerspenstigen Fasern erst unterliegen mussten, bis sie fähig geworden zu organisirter Verbindung.

Weiter muss ich das im Vorstehenden mitgetheilte, verschiedene Verhalten der marklosen Opticusfasern gegen dünne $OsO_4$ betonen, dem sich gewiss bald mancher andere blasse Nerv zugesellen wird und fragen, ob es denn so überaus wahrscheinlich sei, dass ein während des ganzen Lebens mit Mark umkleideter Axencylinder, dessen Umhüllung für die Leitung vielleicht, für den Chemismus des Nerven gewiss nicht bedeutungslos ist, welcher ganz anderem Gebrauche unterliegt, als mancher sensible, fast continuirlich in Anspruch genommene marklose, keine Unterschiede, wenigstens des chemischen Baues erwerbe? Und wenn Dem so ist, so wäre kein bindender Zwang vorhanden, die verästelten Lappen des Axencylinders für völlig gleich mit diesem zu halten und *du Bois-Reymond*'s Hypothese, dass das motorische Ende nach Art einer Drüse mittelst eines durchaus chemischen Actes auf den Muskel wirke, nicht vollkommen zu verwerfen. Einladend ist dieselbe nach unserer heutigen Kenntniss der Endplatte allerdings nicht und daher jede Andeutung, welche Incongruenzen zwischen elektrischen und motorischen Endplatten beseitigen kann, willkommener, als die Versuche solche zu häufen.

Immer wieder muss man hören von den Unterschieden des Grades im Verhalten elektrischer und motorischer Organe zum Curare, als ob dieselben nicht bereits zwischen glatter und gestreifter, der Glieder- und Herzmuskulatur, von diesem zu jenem Wirbelthiere, zwischen lauter motorischen Nerven existirten. Wer kann es wissen, wesshalb das Gift, das bei genügender Dosis und hinlänglichem Aufenthalte im Körper auch die sensiblen Nerven nicht verschont, die sog. willkührlich motorischen bei den Endplatten zuerst anpackt? Sind *Ciaccio*'s und *Ranvier*'s Beschreibungen der elektrischen Platte bei Torpedo (l. c. II., Pl. V. Fig. 4 u. 7) richtig, woran ich nicht zweifle, so wüsste ich nicht, welcher wesentliche Unterschied des Baues zwischen dieser und der motorischen fast aller Wirbelthiere geltend zu machen wäre, denn

hier wie dort breitet sich der am Centrum erregte Nerv in Gestalt eines flachen und lappigen, auch Anastomosen bildenden, kernfreien Geästes aus. Wirkt Curare auf die elektrische Platte wirklich schwächer und langsamer, als auf die motorischen des Fisches, so ist zu untersuchen, ob das Curare nicht in der contractilen Substanz erst etwas vorfindet, das ihm die mächtigere Wirkung auf den angeschmiegten Nerven erleichtert, falls es sich nicht um viel gröbere, dem Zutritte des Giftes ungünstige Einrichtungen handelt.

Für die experimentelle Bearbeitung der Frage nach der Uebereinstimmung der Function der motorischen und elektrischen Platten dürften sich statt der Amphibien die Reptilien empfehlen, wo die morphologische Aehnlichkeit auch grössere der Function vermuthen lässt. Einige wesentliche gröbere Differenzen bleiben ausserdem zu berücksichtigen, vor Allem die Lage der motorischen Platten, die nicht entfernt der regelmässigen Schichtung elektrischer gleicht. Wie dieselbe sei, ist freilich schwer zu bestimmen, so lange keine Querschnitte zuverlässig ohne Verschiebung gehärteter Muskeln und unverschobene Schnitte in genügender Zahl untersucht sind. Von gefrorenen Muskeln erhielt ich häufig Schnitte, welche die Nervenhügel und Platten, wie man sagen könnte, mit dem Rücken einander zugewendet zeigten, während viele von Herrn *Borel* durch plattes Ausbreiten vorzugsweise mittelst der Nerven zusammenhängender Muskelfasergruppen erhaltene Präparate, die vergoldeten Platten in grösserer Zahl nach derselben Seite gerichtet zeigen, so dass sie auf den parallelen Muskelfasern bei schrägem Verlaufe der Nervenstämmchen eine Art Treppe bilden.

Wenn gesagt worden ist, die Entladungshypothesen machten den Durchtritt des Nerven durch das Sarkolemm oder durch die Hügelmembran unnöthig, so kann Das an dem Tage, an welchem jene Hypothesen Thatsache geworden, vielleicht in soweit Sinn gewinnen,

als es überhaupt Sinn hat, eine allgemein in der Natur verbreitete Einrichtung in einer Beziehung überflüssig zu finden. Die Platte nicht zum Muskel, sondern auf oder in das Sarkolemm verlegen, heisst indess den Nerven in einem Gewebe enden lassen, das gar nicht allen Muskeln zukommt und da das Sarkolemm Bindegewebe ist und an der Hügelmembran für besonders bindegewebig gehalten wird, so versteht man nicht, wesshalb das motorische Nervenende nirgends durch die Verschiedenartigkeiten dieses Gewebes modificirt wird, vollends nicht, wie es dazu kommt, auf die Muskeln gelöthete Hügel zu bilden, wo es kein Sarkolemm und wenn überhaupt eines, wahrlich anderes Bindegewebe gibt, als bei den Vertebraten, die sich derselben Nervenhügel erfreuen. *Doyère*'s denkwürdige, in unsern Tagen von *Greef* vollauf bestätigt gefundene Entdeckung der Nerv-Muskelverbindung bei den Tardigraden, denke ich, hat lange vernehmlich genug in diesem Sinne gesprochen, und wenn es späteren physiologischen Vorstellungen von der Uebertragung des Nervenreizes auf den Muskel vorbehalten blieb, das Ueberschreiten der Sarkolemmagrenze für den Nerven vorauszusetzen, so hätten dieselben ihren heuristischen Werth bewiesen, denn die Thatsache des Durchtrittes erfreut sich heute des Tages, den mir ein gewiegter Anatom einst, zur Zeit des allgemeinen Widerspruches prophezeite, an dem es heissen werde, Das habe man schon lange vorher gewusst.

Welcher Art die Wirkung der motorischen Endplatte sich noch herausstellen möge, so weiss man doch, dass sie an der dünnsten Bindegewebsschicht entscheidenden Widerstand findet, da die Versuche von *Sachs* (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 57) gezeigt haben, dass eine Froschmuskelfaser auf Nervenreiz zucken kann, ohne ihre Nachbarn zu erregen. Wäre der Versuch am Reptil angestellt, so könnte man denken, dass es auf die Concavität der im Hügel gewölbten Platte oder auf die dazu in bestimmter Weise orientirte Sohle als nothwendiges Zwischenglied

zur Uebertragung der Erregung ankomme, am Frosche aber, dessen intramuskuläre Nervenverästelung aus drehrunden blassen Terminalfasern ohne jede Spur einer Sohle besteht, sieht man, dass nichts der Art Grund der eingeschränkten Wirkung sein kann, sondern dass es zwischenliegendes Sarkolemma und feinstes Bindegewebe sein muss, was den Uebergang der Nervenerregung von einer Endigung auf zwei Muskelfasern hindert.

Welches Gewebe das Hinderniss sei, ist demnach bekannt und es wird daher das Durchtreten der Nerven auf die andere Seite der Schranke selbst dann nicht für unnöthig zu halten sein, wenn diese sich nicht als absolut bewähren sollte.

# Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere.

Von

**W. C. Ayres und W. Kühne.**

---

Vorbericht von W. Kühne.

Nachdem ich mit Herrn *A. Ewald* in Uebereinstimmung mit den Andeutungen von *Coccius* die überraschende Thatsache gefunden hatte, dass das Auge des lebenden Kaninchens durchschnittlich länger als 35 Minuten im Dunkeln verweilen muss, wenn vollkommen gebleichte Stellen der Netzhaut wieder normal gefärbt werden sollen (vergl. Bd. I., S. 380 u. 381), schienen mir weitere Untersuchungen über den merkwürdigen Regenerationsprocess und zunächst erneuete Prüfungen einiger auf postmortale Fortsetzung desselben deutender früherer Beobachtungen erforderlich.

Beim Frosche war es so ausserordentlich einfach, den Beweis für die im Ueberleben kaum verminderte Macht des Vorganges durch die vollkommene und fast in gleicher Zeit, wie im Leben, erfolgende Wiederfärbung der Retina des ausgeschnittenen Auges zu liefern, wenn die Ausbleichung am Lebenden vorgenommen worden, dass an der thatsächlichen und bedeutenden regenerativen Wirkung des dem Ernährungsstrome entzogenen retinalen Epitheliums nicht zu zweifeln war. Für das Säugerauge gab es dagegen nur zwei hierauf bezügliche Beobachtungen, von denen genauer nachzuweisen blieb, ob sie in ähnlichem Sinne zu

deuten seien. Die eine bestand in der langsameren Lichtbleiche eines (selbst dem albinotischen) Kaninchenauge sofort nach dem Tode entnommenen Stückes der Netzhaut mit Epithel, Chorioïdes und Sklera verglichen mit der eines vom Epithel abgezogenen Retinastückes, während die andere eine Zeitdifferenz zu Gunsten des weiter abgestorbenen Auges eines am abgeschlagenen Kopfe befindlichen Paares betraf, wenn man versuchte, in beiden unter möglichst gleicher Lichtintensität scharfe Optogramme herzustellen. Was da nach dem Tode beobachtet worden fiel indess mit den Verhältnissen der Totalbleiche des Froschauges nicht ganz zusammen, indem es sich nicht, wie dort, um etwas nach Zersetzung des ganzen Stäbchenpurpurs Geschehendes, sondern nur um eine Gegenwirkung des Epithels während der photochemischen Umwandlung und vor deren Vollendung handeln konnte. Da gute Gründe vorhanden waren, Rhodophylaxe und Rhodogenese für zwei verschiedene Processe zu halten, so blieb zu untersuchen, ob das überlebende Säugerauge nur der ersteren oder beider fähig sei. Hierüber zu entscheiden, war um so nothwendiger, als eine etwa existirende postmortale Rhodogenese manchen weiteren Arbeiten über Ausbleichung der Netzhaut grosse Schwierigkeiten bereitet und vor Allem jedem optographischen Versuche die bisher geübte Berücksichtigung der Zeit von der Exstirpation des Auges bis zur Abtödtung seiner Gewebe in der Härtungsflüssigkeit auferlegt hätte.

Der Gang unserer hier anknüpfenden Untersuchung war folgender: wir überzeugten uns zunächst, dass eine von allen Lebenszuständen der Gewebe unabhängige Regeneration, derselben glücklicher Weise nicht störenden, schwachen Art, wie die von *Ewald* und mir am Frosche gefundene, auch in der Kaninchennetzhaut existire. Darauf wurde an isolirten Augen festgestellt, dass gleiches Licht in den ersten Minuten schwächer bleichend wirkt als in wenig späterer Zeit nach dem Tode, dass also eine mit

dem Absterben abnehmende Gegenwirkung besteht, während eine totaler Bleichung folgende Regeneration in der Ueberlebenszeit nicht constatirt werden konnte. Bei der Kürze dieser Zeit schien es gerathen nachzusehen, was geschehen würde, wenn die Bleichung im Leben vorgenommen und die ganze erste Ueberlebenszeit nur der möglichen postmortalen Regeneration gelassen worden; und als sich auch jetzt keine solche ergab, das Experiment umzukehren, um den Gang der Regeneration unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen kennen zu lernen, nachdem das Licht unter ähnlichen Verhältnissen wie im Tode gewirkt hatte. Wir belichteten dazu das Auge entweder während einer die Circulation hemmenden Pressung, oder zur Zeit einer Unterbindung sämmtlicher Arterien des Halses, und liessen das Blut in der gleich darauf folgenden Dunkelheit wieder zutreten. Dabei hatte uns der Gedanke geleitet, dass das Lebensoptogramm von dem des Ueberlebens durch die Möglichkeit der Entfernung der Bleichungsproducte (Schweiss) verschieden sei, und dass die Regeneration bei normaler Erhaltung des Ernährungsstromes auf eine der Resorption beraubt gewesene Netzhaut hätte mächtiger wirken können. Wie man sehen wird hat das Verfahren die Voraussetzung nicht der Zweifel enthoben.

Um die Einsicht in den Regenerationsprocess nach einer andern Richtung zu fördern, wurde der Einfluss übermässiger und länger dauernder Belichtung untersucht, wobei sich Unveränderlichkeit der Regenerationszeit ergab, wenn die Bleichung einmal vollkommen geworden: dauernde Belichtung des andern Auges änderte daran nichts, ebenso wenig Unterbrechung der Leitung des Lichtreizes nach Durchschneidung der N. optici.

Endlich haben wir die Frage nach dem secretorischen Charakter der regenerirenden Thätigkeit des Retinaepithels in Angriff genommen, indem sowohl der Einfluss des N. trigeminus, wie des Sympathicus untersucht wurde, und da wir auf diesem Wege

keinen entscheidenden Thatsachen begegneten, zuletzt die Wirkung zweier auf Secretionen wirkender Gifte geprüft, des Atropins und des Pilocarpins. Nachdem von dem ersteren schon im Laufe der vorangegangenen Arbeit kein verzögernder oder hemmender Einfluss bemerkt worden, wurden unsere in anderer Richtung vielfach getäuschten Erwartungen um so mehr durch die bedeutende Abkürzung der Regenerationszeit übertroffen, welche die Vergiftung mit dem bekanntlich die meisten Secretionen befördernden Pilocarpin erzeugte.

Der Leser wird aus diesem vorgreifenden Bericht entnehmen, dass wir eine grosse Reihe zum Theil vergeblich unternommener Experimente mitzutheilen haben. Es ist uns gegangen, wie es bei der ersten Bearbeitung eines neuen, in den Rahmen gewohnter Vorstellungen nicht einzuschliessenden Feldes zu gehen pflegt, aber wir sahen keinen Grund, Thatsächliches, von dem man nicht voraussagen kann, welche Förderung es Anderen, die damit fruchtbarere Gedanken zu verbinden wissen, bringen könnte, zu unterdrücken, weil es über unsere Voraussetzungen nicht entschied, und halten die Mittheilung, wenn nicht aller, so doch vieler unserer Versuche schon desshalb für gerechtfertigt, weil es ohne grosse Opfer jeder Art auf andere Weise unmöglich wäre, die damit einmal erworbene Erfahrung einzuholen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, muss bezüglich der durchgehends verwendeten optographischen Methode auf Bd. I, S. 232, 233, 374—383 verwiesen werden, wo die in dem Folgenden beibehaltenen Einrichtungen und Versuchsweisen beschrieben sind.

---

## I. Autoregeneration.

Die Säugernetzhaut besitzt dieselbe Autoregeneration (vergl. Bd. I, S. 249), wie die des Frosches. Man nehme aus einem Kaninchenauge die Retina unter $^1/_2$ pCt. NaCl-Lösung heraus, schneide sie, die Sehleiste kreuzend in 2 Hälften, lasse beide

Stücke an der Sonne vollkommen bleichen, bewahre das eine 2—3 Stunden im Dunkeln und vergleiche die feucht gehaltenen Präparate: man wird das an's Licht zurückkehrende äusserst blassrosa, aber deutlich verschieden von dem anderen finden. Ebenso verhalten sich Netzhäute, die zuvor im Dunkeln einige Stunden in gesättigter NaCl lösung gelegen und in verdünnter ausgewaschen worden; die Erscheinung ist hier sogar noch etwas mehr in die Augen fallend. Wie an der Froschretina lässt sich der Versuch alsbald, oder am folgenden Tage, unter Vertauschung der Präparate mit freilich schlechterem Erfolge wiederholen. Man kann hiernach nicht zweifeln, dass in der abgetödteten Retina etwas, vermuthlich aus dem Epithel Stammendes, ein fertiges Secretionsproduct stecke, das die in den Stäbchen bleibenden photochemischen Zersetzungsproducte wieder zurück in Purpur verwandelt: Bereitung und Abgabe dieses Körpers (Rhodophylin) fallen dem lebenden oder überlebenden Epithel zu, während die Wirkung der einmal fertig abgegebenen Substanz vollkommen unabhängig von sog. Lebensbedingungen ist.

Werden die Netzhäute durch $^1/_4$- bis $^1/_2$stündiges Aussetzen der Kaninchen an die Sonne im Leben gebleicht und in diesem Zustande herausgenommen, so ist keine Spur von Autoregeneration daran zu bemerken. Wir hatten desshalb gehofft, im Leben entstandene Optogramme, nachdem sie herausgenommen und vom Lichte zerstört worden, im Dunkeln wiederkehren zu sehen, indem die Autoregeneration nur die nachträglich geschwundenen Purpurstreifen, nicht die farblosen, im Leben entstandenen betreffen würde; dies wollte uns jedoch nicht glücken, vermuthlich weil die Stäbchen an den weichen, überdies in Salzwasser schwierig abzuhebenden Netzhäuten während der feuchten Aufbewahrung nicht sicher genug haften. Indess zeigte die Peripherie der Membranen das rückkehrende blasse Rosa immer besser, als die centrale Gegend, wo sich das Bildchen befunden hatte. Für das

Folgende kommen die von Autoregeneration bewirkten Erscheinungen nicht in Betracht, da wir weiterhin fast nur in Alaun gelegte Präparate, die derselben ganz entbehren, verwendeten. Ausserdem sind die Regenerationszeichen, von denen noch die Rede sein wird, unvergleichlich deutlicher, als die eben erwähnten.

---

## II. Postmortale Wirkung des Epithels.

### A. Im überlebenden Auge begegnet die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht Hindernissen, welche allmählich abnehmen.

Versuch **1.** Wir erweiterten einem Kaninchen beide Pupillen durch starke Atropinlösung (2 pCt. des Sulfates), tödteten es $^1/_2$ Stunde später, nahmen die Augen mit grösster Eile aus dem Kopfe und exponirten eines (I) sogleich $1^1/_2$ Min., öffneten es rasch und warfen es in Alaun. 5 Min. später, also etwa $6^1/_2$ bis 7 Min. nach dem Köpfen, wurde das zweite bis dahin im Dunkeln verwahrte Auge (II) eben so lange exponirt und weiter behandelt, wie das vorige. In Beiden fanden sich Optogramme, aber das erstere war rosiger, in den hellen Streifen beträchtlich farbiger, als in II, wo auch die Purpurfarbe der ganzen Fläche mehr zu Roth neigte. Die Pupillen waren trotz der Atropinwirkung nach dem Herausnehmen der Augen eng; während der Exposition konnten keine Unterschiede des Pupillendurchmessers bemerkt werden.

Versuch **2.** Ebenso angestellt, wie der vorige, aber ohne Atropin. Die Pupillen verhielten sich nicht anders und die Differenzen der Optogramme waren ungefähr die nämlichen.

Versuch **3.** Um zu sehen, wie lange diese Unterschiede sich geltend machen, wurden wiederum bei einem atropinisirten Kaninchen die zu gleicher Zeit aus dem Kopfe genommenen Augen so verwendet, dass I 5 Min. nach dem Köpfen, II 5 Min. später, also 10 Min. nach dem Tode, zur Exposition kam. Dieselbe

dauerte wegen des schlechteren Lichtes $2^1/_2$ Min. und ergab auf beiden Netzhäuten unterexponirte Bilder mit nicht völlig gebleichten hellen Streifen von nahezu übereinstimmender Färbung, sicher ohne jede Differenz zu Gunsten der Lichtwirkung des am spätesten exponirten Auges. Auch hier waren die Pupillen eng und während der Versuchszeit unveränderlich geblieben.

Die exstirpirten Augen gewährten den Vortheil, fast immer stark verengte und darum gleiche Pupillen zu besitzen; da wir es aber recht schwierig fanden sie richtig unter dem Objecte zu orientiren und mancher Versuch fehlschlug, weil die Bilder nicht auf correspondirende Theile der Netzhaut gefallen und desshalb schlecht zu vergleichen waren, so experimentirten wir weiter an im Kopfe gelassenen Augen. Hier pflegt die Pupille erst weit zu bleiben und sich viel später zu verengen, gleichviel, ob Atropin verwendet worden, oder nicht; auch war sie nicht immer auf beiden Augen von gleichem Durchmesser. Um dem Uebelstande zu begegnen, wurde jedes Auge dicht auf der Cornea mit einem 3 mm. weiten Diaphragma belegt, so dass kaum noch Verschiedenheiten der Lichtintensität in den beiden Aufnahmen vorkommen konnten.

Versuch **4.** Der abgeschlagene Kopf eines nicht atropinisirten Thieres wird nach schleunigster Zerstörung des Gehirns mittels einer dicken Federfahne, mit Auge I 3 Min., 2 Min. später mit II ebenfalls 3 Min. exponirt, nachdem I inzwischen schnell exstirpirt und in Alaun gelegt worden. Da der Himmel (wie bei Versuch 1 und 2), wolkenfrei geblieben, so war für die Vergleichbarkeit der Optogramme wegen etwaiger Inconstanz der Lichtintensität nichts zu befürchten. I enthielt ein scharfes Optogramm, aber mit rosigen hellen Streifen, II ein vollkommenes Bild ohne jede Spur von Farbe in den letzteren.

Versuch **5.** Gleich nach Versuch 4 und wie dieser ausgeführt bei dauernd reinem Himmel. I wird 5 Min., II 9 Min. nach

dem Köpfen 3 Min. lang exponirt. Beide Optogramme sind vollkommen und ohne irgend welche Unterschiede.

Diese Versuche dürften genügen, um den vorausgeschickten Satz zu erweisen; die gefundenen Hindernisse der Lichtbleiche sind darnach nicht gerade unerheblich, aber rasch vergänglich, jedenfalls 5 Min. nach dem Tode nicht mehr merklich.

Nach der früher (Bd. I, S. 378) für das Kaninchen gefundenen, namentlich im Vergleiche zum Frosche ausserordentlich geschwinden Entfärbung der Netzhaut, war es von Interesse, das lebende Auge in dieser Hinsicht mit dem überlebenden zu vergleichen.

Versuch 6. Auge I eines atropinisirten lebenden Kaninchens wird mit einem Diaphragma von 3 mm. belegt, bei wolkenlosem Himmel $3^1/_2$ Min. exponirt, darauf sogleich luxirt, mit einem Scheerenschnitte aus dem Kopfe genommen und sofort halbirt in Alaun gebracht. Inzwischen ist der Kopf abgeschlagen und mit Auge II sofort $3^1/_2$ Min. exponirt, welches ebenso schleunig in den Alaun gelangt. I enthält ein gerade vollkommenes Optogramm, II ein entschieden überexponirtes mit zu breiten hellen Streifen und beträchtlich gelbrother Färbung der dunklen Partieen.

Hieraus ergibt sich, dass die das Bleichen des Purpurs verzögernde Gegenwirkung im lebenden Auge ohne Frage mächtiger ist, als im überlebenden.

**B. Im überlebenden Auge ist Regeneration des Sehpurpurs nach der Lichtwirkung nicht zu bemerken.**

Die ersten diese Frage betreffenden Versuche wurden wieder mit exstirpirten Augen angestellt, und da es darauf ankam, zwei ganz gleich behandelte zu gleicher Zeit zu exponiren, haben wir mit möglichster Eile zuweilen schon am Lebenden die luxirten Augen mit einem Schnitte isolirt und sofort in die zu ihrer Aufnahme bestimmten, dicht neben einander unter dem Objecte befestigten kleinen Holzbecher gebracht. Nach beendeter Exposition

wurde I schleunigst in Alaun abgetödtet, II 5—10 Min. im Dunkeln liegen gelassen und nach dieser, der etwa vorhandenen Regeneration gewährten Zeit, in das Alaunbad gebracht. Hier, wo begreiflich die äusserste Eile nöthig war, gelang es uns nur selten, die Augen nach Wunsch zu orientiren und die Sehaxen richtig zu stellen. Wir finden jedoch unter den besser gelungenen Versuchen keinen, der eine nachträgliche Regeneration hätte erkennen lassen.

Bessere Erfolge hofften wir von dem folgenden Verfahren zu erhalten: wir spalteten den abgetrennten Kopf der ganzen Länge nach, indem wir ein grösseres aufgesetztes Messer mit einem Hammerschlage durch den Schädel trieben, und brachten unmittelbar darauf die beiden Kopfhälften mit dem Scheitel einander zugewendet unter das Centrum des Objectes. Da die Augen nach dem Verfahren während gleichzeitiger Exposition keine beachtenswerthe Pupillendifferenz zeigten, so konnte von der Benutzung enger Diaphragmen abgesehen werden.

In Versuch 7 dauerte die Exposition bei trübem Wetter 2 Min. I ward sofort, II 10 Min. später in Alaun gethan. Beide enthielten nur den Anfang eines Optogrammes, das merkwürdiger Weise nur ein nicht völlig ausgebleichtes Streifchen an symmetrischen ziemlich central gelegenen Stellen der Sehleiste zeigte. Gab es eine Differenz, so war sie bezüglich der Ausbleichung zu Gunsten von II, also sicher der Annahme einer, wenn auch noch so schwachen nachträglichen Regeneration bei nicht einmal völlig erreichter Bleichung entgegen.

Da ein anderer Versuch dieser Art bei bestem Lichte nach Exposition von 1 Min. gar keine Aenderung der Retinafarbe und keine Spur eines Bildes geliefert hatte, wurde Versuch 8 mit einer Verbesserung der Lage der Kopfhälften angestellt, indem man den Kieferrand etwas hob und die Augen auf diese Weise günstiger zum Objecte richtete. Die Exposition währte bei gutem

Lichte $2^1/_2$ Min. I wurde darauf sofort, II erst nach 10 Min. langem Liegen im Dunkeln, in Alaun gebracht. Wieder zeigte sich in beiden nur die sonderbare Andeutung eines Optogrammes durch hellere Fleckchen in der Sehleiste, die in I am deutlichsten waren, während die ganze übrige Fläche der Netzhaut so purpurn aussah, als wenn sie gar kein Licht erhalten hätte.

Die Ursache dieser merkwürdigen Ergebnisse aufzuklären, bleibt weiterer Untersuchung vorbehalten; wir vermutheten sie in einer irgendwie von dem Gehirn ausgehenden Wirkung und sahen die Bleichung in der That ganz gut erfolgen, als wir dasselbe aus beiden Kopfhälften mit einem Spatel schnell entleert hatten.

Versuch 9. Bei weniger gutem Lichte, als Versuch 8, Nachmittags angestellt. Mit grösster Eile wird der Kopf getrennt, gespalten, das Gehirn entfernt, worauf beide Augen sofort $2^1/_2$ Min. exponirt werden. I kommt direct, II erst 10 Min. später in Alaun. Beide Augen enthalten noch etwas unterexponirte, aber scharfe mit mehreren Streifen über die Sehleiste gehende Bilder, deren Unterschiede sehr gering und eher zu Gunsten stärkerer Bleichung im zweiten Auge sind. Die Pupillen schienen während der Exposition kaum verschieden und waren mässig verengt.

Da schon die Gegenwirkung, oder Rhodophylaxe, 5 Min. nach dem Tode sicher ganz erlischt und wohl vom Momente des Aufhörens der Circulation an fortwährend abnimmt, konnten die eben erwähnten negativen Ergebnisse auch davon bedingt sein, dass die einer wirklichen Regeneration günstige und nöthige Periode an die Expositionszeit vergeben worden. Wir führten desshalb einige Aufnahmen im Leben aus, exstirpirten das Auge sofort und untersuchten, ob sich Unterschiede fänden, je nachdem es schleunigst abgetödtet, oder einige Zeit vor dem Einlegen in Alaun der Dunkelheit überlassen worden.

Versuch **10.** Atropin. Auge I des Lebenden 1 Min. exponirt, unter einem schwarzen Tuche sogleich luxirt und mit einem Sehnervenschnitte entfernt, worauf es sogleich halbirt in Alaun gestürzt wird. Inzwischen ist ein Wattepfropf in die kaum blutende Orbita gepresst und der Kaninchenkopf gewendet; II wird darauf ebenfalls intra vitam 1 Min. exponirt und 10 Min. in dem sofort getrennten Kopfe gelassen, bevor es zur Härtung gelangt. Die erhaltenen Optogramme sind vollkommen und zeigen gar keine Unterschiede.

In derselben Weise haben wir eine grössere Anzahl von Experimenten mit geringerer Expositionszeit (von 15—45 Sec.) angestellt, in der Hoffnung, postmortale Regeneration wenigstens dann zu finden, wenn die hellen Stellen nur angebleicht, nicht ganz entfärbt worden. Einzelne Fälle schienen auch in diesem Sinne verwerthbar, da uns aber andere, mit anscheinend umgekehrtem Erfolge vorliegen, haben wir Grund, das Verfahren zur Entscheidung einer so subtilen Angelegenheit für unzureichend zu halten. Zum Theil liegt das gewiss an der Veränderlichkeit der Lichtintensität von einer Aufnahme zur andern, die trotz der geringen Zwischenzeit nur an wenigen Tagen nicht zu befürchten gewesen wäre, und um so mehr Berücksichtigung verdient, als der Augenschein darüber kaum belehrt. Wir bekennen, durch Nichts mehr überrascht worden zu sein, als durch die wider Erwarten geringe Expositionszeit, deren nicht atropinisirte, oder selbst mit engen Diaphragmen belegte Augen im Sommer bedurften, nachdem wir im Winter (vergl. Bd. I, S. 394) 7—10 Min. zu solchen Aufnahmen nöthig gefunden hatten.

Aus allem Vorstehenden erhellt der für weitere Arbeiten erfreuliche Umstand, dass man bei keiner Art von Optogrammen nachträgliches Verwischen ohne Licht zu befürchten habe.

---

## III. Regeneration im Leben.

Frühere Erfahrungen hatten zu der Annahme geführt, dass Rhodophylaxe und Rhodogenese abgesehen von der Verschiedenartigkeit der Processe an sich, unter verschiedenen Bedingungen zur Geltung kämen. Die Hypothese war, um es kurz zu sagen, diese: beginnt das Licht Sehgelb und Sehweiss zu bilden, so wandelt etwas aus dem Epithel Kommendes (Rhodophylin) jene Körper wieder in Purpur um (Rhodophylaxe); die Bleichungsproducte werden aber auch aus den Stäbchen entfernt und sind in dem Augenblicke oder wenig später vollkommen entfernt, in welchem die Bleichung vollständig geworden. Was jetzt im Dunkeln erfolgt, ist Bereitung neuen Purpurs im Epithel, welcher in dem Maasse an die Stäbchen abgegeben wird, als er fertig wird (Rhodogenese). Der erstere Process verläuft bei mässigem, anscheinend nicht bleichendem Lichte continuirlich, bei unvollkommener Bleichung schnell, der letztere, wenn jener ausgeschlossen, auch beim Säuger sehr langsam. Alle bisher gefundenen Thatsachen sind mit dieser Annahme und der Hypothese vom Schwinden des Sehweiss vereinbar, vor Allem die Unterschiede der Fluorescenz intre vitam und post mortem gebleichter Netzhäute. Wir haben versucht weitere sich einfügende Thatsachen zu finden.

### A. Druckversuche.

In der Voraussetzung, dass die schneller verlaufende Rhodophylaxe an Stelle der langsamen Rhodogenese trete, wenn man die Resorption der Bleichungsproducte während und kurz nach der Belichtung verhindert, wurde der Verlauf der Regeneration nach Exposition gepresster Augen verfolgt. Beim Menschen wird die Circulation des Blutes in der Netzhaut bekanntlich schon durch mässigen Druck unter gleichzeitigem Erblinden gehemmt; was dabei in der Uvea vorgeht, ist weniger bekannt.

Am Kaninchen gelingt es leicht durch Eindrücken eines kantigen Instrumentes in die Orbita den Bulbus zu luxiren und so hervorzudrängen, dass man einen Kautschukring umlegen und das Zurückspringen verhindern kann. Dabei trübt sich die Cornea in derselben sonderbaren Weise wie am todten Auge, wenn man es presst, und die Pupille verengt sich maximal. Wird mit dem Drucke nachgelassen, so klärt sich die Cornea augenblicklich, während die Pupille sich langsam wieder erweitert. Dass so bedeutender Druck im Auge alle Circulation aufhebe, ist kaum zu bezweifeln, doch haben wir es nicht festgestellt, weil es recht umständlich gewesen wäre und keine Aussicht war, ein so behandeltes Auge zum Optographiren benutzen zu können. Wir mussten uns mit schwächerem Drucke begnügen, hinreichend die Pupille etwas zu verengen, und unschädlich für die Durchsichtigkeit der Cornea. Ob die Resorption im Auge damit unterdrückt, oder für unsere Zwecke genügend herabgesetzt worden, bleibt zu entscheiden.

Nach unseren Beobachtungen verträgt das Kaninchenauge die genannte starke Pressung wiederholt und einige Minuten, ohne in der Folge blind zu werden; wir konnten desshalb voraussetzen, dass der schwächerem Drucke folgende Zustand, auf den es ankam, nicht erheblich von dem normalen abweichen werde. Ein Vorversuch, in dem wir auf gewöhnliche Weise das Optogramm herstellten und innerhalb der nächsten halben Stunde einige Male je zwei Minuten lang den Bulbus stark pressten, ergab nach der 45 Minuten darauf erfolgten Eröffnung des Auges einen kaum noch bemerklichen Bildrest.

Versuch **11.** Atropin. I gedrückt, 1 Min. exponirt, aus der Orbita geknipst und sogleich in Alaun; II gedrückt, 1 Min. exponirt, im Dunkeln noch 5 Min. gedrückt erhalten und ebenso direct in Alaun gebracht. — I enthält ein prachtvolles Optogramm, dessen helle Streifen jedoch nicht ganz weiss, hellstroh-

gelb sind; II zeigt nur den mittleren Streif ganz hell, die übrigen belichteten noch von rosiger Farbe. Es machte dies den Eindruck, als ob der Druck die Regeneration befördert habe; da das Folgende keinen Anhalt dafür bietet, ist anzunehmen, dass der Druck bei II zu stark gewesen, so dass die Expositionszeit in Folge der stärkeren Pupillenverengung nicht gereicht hatte.

Versuch **12.** Atropin, bestes Licht. I gedrückt, 45 Sec. exponirt, darauf sogleich in die Orbita zurücksinken gelassen. II 5 Min. später ebenfalls 45 Sec. während einer Pressung exponirt und aus dem abgeschlagenen Kopfe sofort in Alaun gebracht. In beiden finden sich unvollendete Optogramme, die von einander nicht zu unterscheiden sind, obwohl I 5 Min. 45 Sec. Zeit zur Regeneration nach der Pressung gelassen worden.

Versuch **13.** Atropin, sehr gutes Licht. I gedrückt, 1½ Min. exponirt, Druck aufgehoben. II 5 Min. später gedrückt, ebenso lange exponirt und sofort in Alaun. Beide Augen zeigen stark überexponirte Optogramme mit zu breiten hellen und zu schmalen dunklen Streifen, die in II schon gelblichroth sind. In I sind dagegen trotz der Ueberexposition starke Anfänge von Regeneration zu sehen, bei der die dunklen Streifen rein purpurn, die hellen kräftig rosafarben sind. Die Pupillen schienen während der Aufnahmen nicht verschieden und maassen am Schlusse jeder Exposition, soweit es sich mit dem Cirkel bestimmen liess, 5—6 mm.

Versuch **14.** Atropin, gleichmässig weiss bewölkter Himmel, I gedrückt, 3 Min. exponirt; Pupille etwa 5 Mm. weit; Druck sogleich wieder aufgehoben. II 5 Min. später auch 3 Min. unter Druck exponirt. Das Thier wird sogleich getödtet, I zuerst, II nach 10 Min. langem Verweilen im Kopfe in Alaun gebracht. I zeigt ein gutes Optogramm, dessen helle Streifen aber gelb auf tief purpurnem Grunde stehen. In II ist die Zeichnung ebenso, aber die hellen Streifen sind nur äusserst schwach gelblich und der

dunkle Grund von mehr rein rother Farbe. Die Pupillenweite hatte hier ebenfalls etwa 5 mm. betragen.

Versuch **15.** Atropin, Licht etwa wie in Versuch 14. I Druck, Exposition 3 Min., II sofort darauf gedrückt, 3 Min. exponirt, weiter noch 5 Min. im Dunkeln gedrückt, darauf das Thier getödtet. — II zeigt wieder ein nicht genügend exponirtes Bild, I ein stark verwischtes Optogramm auf sehr ausgeprägt purpurfarbenem Grunde.

Ein Blick auf die letzten 3 Versuche macht eine Beförderung der Regeneration, nach Belichtung unter Störungen des Säftelaufes im Auge, sehr wahrscheinlich, während sich (in Versuch 14) nichts der Art bei Fortsetzung des Druckes zeigt. Atropin wurde in allen Fällen angewendet, weil es bei den angewendeten Grössen des Druckes einigermassen der stärkeren Pupillenverengung und den Ungleichheiten derselben bei je 2 Aufnahmen zu begegnen schien. Indess wurde das Verfahren wegen der ihm anhaftenden unvermeidlichen Inconstanzen aufgegeben und zu einem anscheinend mehr versprechenden, dem der Unterbindung sämmtlicher Halsgefässe übergegangen.

### B. Regeneration nach gehemmtem Blutlaufe.

Die Arterien des Halses wurden in der seit *Kussmaul*'s und *Tenner*'s Untersuchungen viel geübten Weise blossgelegt und unterbunden. Wir umwickelten den zuvor natürlich länger im Dunkeln gehaltenen und mit einer starken Atropineinträufelung versehenen Kaninchen den Kopf mit einer Augenbinde und überzeugten uns zunächst von der vollständigen Absperrung des Blutes an den kurz nach Verschluss der Arterien erfolgenden Krämpfen. Die Art. subclavia. sin. wurde immer zuerst und bleibend unterbunden, darauf eine Fadenschlinge so unter der Wurzel der beiden Carotiden und der rechten Art. subclavia angebracht, dass ein sanfter Zug den Zutritt des Blutes nach dem Kopfe vollkommen aufhob. Hinsichtlich des Operativen erlauben wir uns nur die

eine Bemerkung, dass man gut thut etwaiges Fett am Eingange des Thorax nicht zu zerreissen, sondern mit Vorsicht im Zusammenhange herauszuziehen, worauf ein Operationsfeld von höchster Eleganz entblösst wird, in welchem man oft den Abgang der Art. vertebralis von der Art. subclavia sin. vortrefflich übersieht. Da die Fallsuchtkrämpfe und die von *Kussmaul* in seiner classischen Arbeit (Würzburger Verhandl. 1856 VI., S. 24) beschriebenen Bewegungen des Auges und der Pupille jeden optographischen Versuch gestört oder ganz vereitelt hätten, lähmten wir die Thiere nach dem Vorversuche mit Curare und erhielten sie durch künstliche Respiration am Leben. Wie gut wir daran noch aus einem andern Grunde gethan, erfuhren wir nachträglich aus den Arbeiten von *Sigm. Mayer* (Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXVII, Abth. III, Mai-Heft 1878), welche zeigen, dass man damit zugleich die Möglichkeit schafft den Kopf länger anæmisch zu halten, ohne das Leben der Thiere durch Lungenœdem zu bedrohen. Gegen Ungleichheiten der Pupillen während der optographischen Aufnahmen mit und ohne Hemmung des Kreislaufes schützte maximale Atropinwirkung, nach welcher kein Einfluss der Arterienunterbindung während der verwendeten Zeiten zu bemerken war. Die nach Wiedereröffnung des Blutstromes vorkommenden Bewegungen im Auge kamen für unsere Zwecke nicht in Betracht.

Versuch **16.** bei sehr gutem Lichte. I. 1 Min., wie gewöhnlich exponirt, Kopf gewendet, Arterien geschlossen, II. 1 Min. später auch 1 Min. exponirt; im Dunkeln kehrt das Blut sogleich zurück. Das Thier wird 10 Min. später getödtet. I zeigt ein sehr gutes Optogramm und der demselben gegebenen Regenerationszeit von 11 Min., während deren es von Blut gespeist worden, entsprechende normale Anfänge rückkehrender Färbung. II zeigt ein der Zeichnung nach überexponirtes, der Farbe nach mindestens so stark wie I regenerirtes Bild, nach unserer Meinung deshalb überexponirt, weil das Licht an dem des Blutlaufes

beraubten Auge geringere Gegenwirkung (Rhodophylaxe) fand und stärker darauf gewirkt haben musste.

Versuch **17.** Schlechtes Licht. I mit Kreislauf 1 Min. exponirt, 5 Minuten später Arterienligatur angezogen, $^1/_2$ Min. darauf während weiterer Erhaltung der Ligatur II 1 Min. exponirt; darauf werden die Arterien sogleich freigegeben und das Thier 5 Min. später getödtet. I zeigt gar keine Ausbleichung, II ein sehr scharfes, aber in den Farben schwach ausgeführtes, wie mit dunklerem Rosa und hellerem Gelblich-Roth gemaltes Bild. Wahrscheinlich hatte das mangelhafte Licht in dem normalen Auge trotz der weiten Pupille nur ein so schwaches, unterexponirtes Bild erzeugt, dass 10 Min. zu seiner regenerativen Ausmerzung genügten, während dasselbe Licht bei gleicher Pupillenweite an dem andern, wie man sagen könnte, nur überlebenden Auge für ein vollkommenes Optogramm hingereicht hatte. Dies vorausgesetzt, verdiente der in 5 Min. erreichte Grad von Regeneration volle Beachtung.

Versuch **18.** Schlechtes Licht. I wird vor der Curarewirkung 1 Min. exponirt, II 10 Min. später, nach erfolgter Lähmung, Beginn der künstlichen Respiration und gleich nach dem Zuschnüren der Arterien, ebenfalls 1 Min. exponirt. Sofort darauf kehrt das Blut in den Kopf zurück; 5 Min. später wird der Kopf abgetrennt. I hat kein Optogramm, II ein nahezu vollkommenes, ohne eigentliche Zeichen von Regeneration.

Versuch **19.** Bestes Licht. I mit Circulation 45 Sec. II 7 Min. später ohne Circulation 45 Sec. exponirt. Tod 5 Min. darauf. In I findet sich ein prachtvolles Optogramm, an dem trotz der zur Regeneration gewährten 12 Min. keine Regeneration zu bemerken ist; II dagegen zeigt ein in der Zeichnung zwar fast vollkommenes, in den Farben aber wie durch Regeneration abgestuftes Bild, da die hellen Streifen auf der Fläche strohgelb, in der Sehleiste fast orange sind. Da II jeden-

falls kein schlechteres Anfangsbild gehabt haben konnte, als I, seine Zeichnung auch bereits auf Ueberexposition deutete, so verdienen die hier nach 5 Min. erschienenen Regenerationszeichen, deren I trotz der mehr, als doppelten dazu gewährten Zeit, entbehrte, besonders hervorgehoben zu werden.

Versuch **20.** Mässiges Licht. I mit Circulation 3 Min., II 5 Min. später ohne Circulation 3 Min. exponirt. Das übrige Verfahren war wie bisher. Tod 7 Min. nach der zweiten Exposition. I zeigt sehr breite helle Streifen von blasser Rosafarbe. (Regeneration von 12 Min.). Das Optogramm II liegt zum grossen Theile, wider die Absicht, im Papillentheile; doch sind die hellen Streifen in der Sehleiste sehr deutlich und im Ganzen zu breit (Ueberexposition). Dieselben sind nicht ganz farblos, aber ihre Farbe kann höchstens mit Berücksichtigung der Ueberexposition und der mässigen Zeit von 7 Min. für eine vielleicht gesteigerte Regeneration sprechen.

Versuch **21.** Mittlere Helligkeit. I mit Circulation 1 Min., II 4 Min. später ohne Circulation ebenso lange exponirt. Die Ligatur war 30 Sec. vor der Exposition angezogen. Tod 7 Min. nach Exposition von II. Beide Augen enthalten vollkommene Optogramme, doch ist nur in II, das die kürzere Zeit dazu hatte, eine schwache Andeutung von Regeneration, die sich auch in die Sehleiste erstreckt, zu bemerken. Die vollkommene Abwesenheit dieser Zeichen in I nach 11 Min. deutet, wenn man bedenkt, dass die Ausbleichung grade vollkommen gewesen, auf eine gewisse Schädigung der Regeneration durch die zwischenfallende Blutstockung.

Versuch **22.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min., II 3 Min. später 1 Min. ohne Circulation exponirt, nachdem der Kopfkreislauf schon 2 Min. vorher unterdrückt worden. Tod 12 Min. später. Beide Optogramme sind wie überexponirt, aber nur I zeigt beginnende Regeneration.

Versuch **23.** An demselben Tage wie Versuch 21, ausnahmsweise Nachmittags angestellt. Ausser der Arterienligatur wird noch ein breites starkes Seidenband unter den Carotiden, den N.N. vagi und sympathici, sowie unter der Trachea zur Umschnürung des ganzen Halses umgelegt. I wird mit Circulation $1^1/_2$ Min. exponirt, 1 Min. später die Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute der Hals fest umschnürt und nach wieder 1 Min. II $1^1/_2$ Min. exponirt. Gleich darauf wird das Halsband durchschnitten, dann die Arterienligatur losgelassen, und das Thier 10 Min. später getödtet. Beide Bilder sind nahezu vollkommen und kaum verschieden; in II ist nur der mittelste helle Streifen etwas gelblicher, als in I.

Versuch **24.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min. exponirt; 10 Min. später wird die gewöhnliche Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute II 1 Min. exponirt. Darauf wird das Blut wieder zugelassen und das Thier 20 Min. später getödtet. Die Augen liefern beide noch vollkommen kenntliche, obwohl stark regenerirte Optogramme. In II ist die ganze Netzhaut blasser, als in I, und im Bilde ohne Frage schwächer regenerirt während der 20 Min. Dunkelaufenthaltes, als in dem andern Auge, das über 30 Min. Regenerationszeit verfügte.

Wir haben hiermit diese einigermaassen mühsame Versuchsreihe abgebrochen, da wir nicht hoffen konnten, entscheidendere Resultate damit zu erlangen. Manche derselben sprechen für Beförderung der Regeneration nach vorangegangener Bleichung ohne Blutlauf und ohne Resorption, aber es stehen ihnen, wie bei den Druckversuchen, auch widersprechende oder zweifelhafte Resultate gegenüber, so dass zu sicheren Schlüssen nicht zu gelangen ist. Möglich und denkbar ist es, dass es weder mit der einen noch mit der andern Methode gelingt, die Bewegung der in den Stäbchen entstandenen Bleichungsproducte, nach irgend einem anderen in oder ausserhalb des Auges befindlichen Orte gänzlich zu verhindern.

**C. Vom Einflusse des Belichtungsgrades auf die Regeneration.**

Genauer gesprochen, sollte hier der Einfluss der Intensität des Lichtes und der Dauer des Belichtens auf den zeitlichen Verlauf der Regeneration erörtert werden, aber es sind zwingende Gründe, die uns den weniger versprechenden Ausdruck wählen lassen. Am lebenden Auge wenigstens war einstweilen noch ganz auf ein Studium der Veränderlichkeit der Stäbchenfarbe unter wechselnden, aber messbaren Lichtintensitäten zu verzichten und erst die andere Arbeit zu thun, den Einfluss des Bleichungsgrades auf die Zeit der Rückkehr des Sehpurpurs festzustellen. Was darüber gefunden worden, lässt sich kurz sagen: So lange der Purpur an einer Netzhautstelle noch nicht gänzlich geschwunden und so lange noch sichtbare Spuren von Sehgelb vorhanden sind, verläuft die Regeneration bedeutend schneller, als nach Totalbleiche, ist diese aber einmal erreicht, so ändert sich die Zeit (von 38—40 Min.) bis zur Wiederkehr der normalen Dunkelfärbung durch weiteres und intensives Belichten kaum mehr. Schwierigkeiten bietet nur das Stadium zwischen kaum erreichter und kaum überschrittener Totalbleiche, weil die Beobachtung, die ja nicht ohne Licht zu machen ist, unsicher wird. Durch Trockenaufbewahrung fixirte Optogramme helfen dagegen nicht, weil auch die ganz gebleichte Netzhaut so conservirt etwas gelblich wird und es grade auf die letzten Spuren von erkennbarem Sehgelb ankommt. So können wir nur den allgemeinen Eindruck wiedergeben, den wir aus langer Erfahrung gewonnen und dieser spricht dafür, dass nach den genannten Grenzwirkungen ein deutlicher Einfluss fortgesetzter Belichtung auf die Regenerationszeit wahrzunehmen ist, so dass z. B. ein kaum unterexponirtes Optogramm in 35 Min., ein wenig überexponirtes erst in 45 Min. vollständig von neuem Purpur verwischt wird, also ein recht beachtenswerther Unterschied vorhanden ist. Länger als 45 Min. haben wir jedoch nach keiner Belichtung warten müssen, um ihre Spuren gänzlich

getilgt zu finden, nicht einmal, nachdem das atropinisirte Auge stundenlang der Sonne ausgesetzt worden. Ganz gleichgiltig für die Regenerationszeit ist Belichtung des andern Auges, denn wir sahen vollkommene Optogramme in 38—42 Min. wie gewöhnlich schwinden, wenn wir nur das betreffende Auge lichtdicht verbanden und in das andere atropinisirte die Sonne mit einigen Unterbrechungen viele Minuten scheinen liessen.

**D. Versuche über den Einfluss einiger Nerven auf die Regeneration.**

In Uebereinstimmung mit der Einflusslosigkeit des einen Auges auf die Rückkehr des Sehpurpurs im andern befinden sich die gleichen negativen nach Durchschneidung der N. optici gemachten Erfahrungen. Dass die Operation ohne Einfluss auf den Sehpurpur und auf die Regeneration im Allgemeinen sei, ist aus den Mittheilungen *Langendorff*'s (vergl. Bd. I, S. 372) für den Frosch, und besonders aus denen *Holmgren*'s (Bd. II, S. 87) für das Kaninchen mit Sicherheit zu entnehmen, da die von jenen Forschern operirten Thiere nach längerer Zeit, wie *Holmgren* berichtet, nach mehr als zwei Jahren noch Sehpurpur im Auge hatten und gewiss nicht ausschliesslich im Dunkeln gehalten wurden. Die von uns nach *Holmgren*'s sehr zweckmässiger Methode mittelst intracrannieller Durchschneidung beider N. optici operirten Kaninchen zeigten nach dem Aufenthalte in der Sonne unter freiem Himmel vollkommen gebleichte Netzhäute und als wir eines etwa eine Stunde darauf im Dunkeln gehalten hatten, war die Retina von der eines gewöhnlichen Dunkelauges nicht zu unterscheiden. Genauere, mit der optographischen Methode anzustellende Versuche dürften daher kaum andere als die an normalen Augen vorkommenden Bleichungs- und Regenerationszeiten ergeben.

In der Hoffnung unter den zum Auge gehenden Nerven einem die Regeneration fördernden zu begegnen, haben wir einige wenige Versuche mit dem N. sympathicus und dem N. trigeminus

angestellt. An ersterem beschränkten wir uns auf Reizversuche, bis jetzt nur in der Absicht, nachzusehen, ob irgend eine auffälligere Veränderung, namentlich Beschleunigung der Regeneration eintrete. Bei dem Einflusse des Halssympathicus auf die Gefässe des Kopfes und des Auges ist fast vorauszusetzen, dass Durchschneidung oder Reizung auf den von der Blutcirculation abhängigen Process Einfluss üben werden, was durch ausgedehntere Versuche festzustellen bleibt; da dies jedoch nicht in unserem gegenwärtigen Plane lag, führten wir nur die folgenden Versuche aus.

Versuch **25.** Helles Wetter. Auge I $2^1/_2$ Min., gleich darauf Auge II links ebenfalls $2^1/_2$ Min. exponirt. Vorher war der linke Halssympathicus auf eine Fadenschlinge genommen; derselbe wird jetzt im Natronlichte abgebunden, durchschnitten und fünf Minuten lang mit allmählich verstärkten Inductionsschlägen so gereizt, dass die Pupille des entsprechenden Auges stark erweitert bleibt. Das Thier wird nach beendeter Reizung sogleich getödtet. Beide Augen geben unterexponirte Bilder, die kaum von einander zu unterscheiden sind. Da das Kaninchen einige Zuckungen gemacht hatte, sind die Optogramme etwas verwaschen.

Versuch **26** bei ebenfalls hellem Wetter, genau wie der vorige angestellt, liefert zwei untadelhafte Bilder mit noch schwach chamoisfarbenen hellen Streifen, ohne Unterschied zu Gunsten der Seite, auf welcher der Nerv gereizt worden.

Da hiernach wohl von der Hoffnung, in dieser Nervenbahn erregende Fasern für das Retinaepithel zu finden, abzusehen war, wendeten wir uns zum N. trigeminus und durchschnitten denselben in bekannter Weise im Schädel. Eins der operirten Thiere wurde gleich nach gelungener Operation etwa eine Stunde an die Sonne in's Freie gesetzt, dann eine Stunde in's Dunkle. Wir fanden die Netzhaut in beiden Augen so purpurn wie immer. Dass die Durchschneidung des Nerven nach Wunsch gelungen,

hatten am Lebenden schon die Probe auf Unempfindlichkeit des Auges und der entsprechenden Gesichtshälfte, sowie die Enge der Pupille erwiesen und wurde bei der Section bestätigt gefunden.

Versuch **27.** Ein Kaninchen wird nach Durchschneidung des N. trigeminus und nach Feststellung des Empfindungsverlustes, eine Stunde im Dunkeln gehalten, darauf in das Auge der operirten (linken) Seite etwas Atropin getropft. 10 Minuten später wird dieses Auge I 3 Min., gleich darauf das andere II ebenso lange exponirt; nach weiteren 37 Minuten wird das Thier getödtet. In I findet sich keine Andeutung des Bildes, in II die letzte Spur desselben durch zwei brandrothe Streifchen in der Sehleiste angedeutet. Während der Exposition schienen die Pupillen der beiden Augen nicht verschieden. Die Section ergab vollständige Durchschneidung des Nerven. Hieraus ergibt sich, dass Trigeminusdurchschneidung keine Verzögerung der Regeneration bewirkt.

**E. Einfluss des Atropins und des Pilocarpins auf die Regeneration.**

Schon die ersten Erfahrungen über die Langsamkeit der Regeneration beim Säugethiere hatten den Verdacht erweckt, dass dem zu fast allen optographischen Versuchen verwendeten Atropin eine Schuld daran zuzuschreiben sei, und den Einen von uns vor langer Zeit veranlasst, gelegentlich vergleichende Beobachtungen über die Rückkehr des Purpurs im normalen und im atropinisirten Auge anzustellen. Es konnte indess selbst nach wiederholten Einträufelungen von $2^1/_2$ pCt. Atropinsulfat enthaltenden Lösungen niemals eine verzögernde Wirkung bemerkt werden. Da Kaninchen, abgesehen von der Affection der Iris, gegen das Gift schwach reagiren, blieb der Einfluss stärkerer Allgemeinvergiftungen zu untersuchen, schon um damit dem Probleme des secretorischen Charakters der Thätigkeit des retinalen Epithels näher zu treten. Unleugbare Aehnlichkeit mit

secretorischen Processen besitzt die Epithelfunction schon insofern, als doch offenbar etwas von den Epithelzellen an die Sehzellen abgegeben, also auch ausgeschieden werden muss, wenn die ersteren die letzteren zu färben vermögen und als ein solcher Vorgang, bei Epithelien vorwiegend, den Absonderungen zugerechnet wird. Die im Allgemeinen hemmende oder lähmende Wirkung des Atropins auf absonderndes Epithel ist bekannt; das Gift konnte also möglicher Weise auch störend auf die Regeneration wirken.

Den indolenten Kaninchen haben wir es in Dosen von $^1/_2$ — 4 ccm. der $2\,^1/_2$ pCt. des Sulfates enthaltenden Lösung durch subcutane oder in die Pleura gerichtete Einspritzungen einverleibt, ohne indess irgend welchen Einfluss auf die fraglichen Vorgänge im Auge constatiren zu können.

Versuch 28 zur Controle ohne Atropin ausgeführt. I 3 Min., II 36 Min. später 3 Min. exponirt. 40 Min. nach Beendigung der ersten Exposition wird das Thier getödtet. I zeigt keine Spur eines Bildes, II als Controle ein vollkommenes Optogramm.

Versuch **29.** Unmittelbar nach dem vorigen Versuche wird von einem seit einer Stunde mit 4 ccm. der Atropinlösung vergifteten Kaninchen Auge I 3 Min., II 20 Min. später eben so lange exponirt. 40 Min. nach der ersten Exposition kommen beide Augen in Alaun. I zeigt keine Spur eines Optogramms, II eines, dessen Randtheile schon etwas verwischt sind, während in zwei centraler gelegenen hellen und sehr deutlich begrenzten Streifen deutliche Rosafärbung beginnt. Das Licht schien an dem Versuchstage recht constant.

Versuch **30.** Vergiftung mit 2 ccm. Atropinlösung. $^1/_2$ Stunde später I 2 Min., II 38 Min. später auch 2 Min. exponirt. Tod sofort nach der zweiten Aufnahme. I zeigt die letzte Spur des Bildes noch an einem Fleckchen auf der Sehleiste, II ein vollkommenes Optogramm.

Ist das regenerirende Epithel ein secretorischer Apparat, so muss man hiernach sagen, dass er nicht zu den vom Atropin leidenden gehöre. Es bleibt indess sehr wünschenswerth, den Einfluss des Giftes bei anderen demselben mehr unterliegenden Thieren zu prüfen.

Nach diesen zur Lösung der vorliegenden Frage vergeblich unternommenen Bemühungen ist es um so erfreulicher, ein Gift nennen zu können, das die Regenerationszeit bedeutend abkürzt und von dem zugleich die energischste anregende Wirkung auf fast alle Secretionen bekannt ist. Es ist dies das Pilocarpin des Extractes der Jaborandi-Blätter.

Versuch **31.** Einem Kaninchen werden 2 ccm. einer ½ proc. Lösung des krystallinischen Pilocarp. muriat. (bezogen von *Merk* in Darmstadt) in die rechte Pleura gespritzt, worauf alsbald starker Speichelfluss erfolgt. 10 Min. später wird Auge I 3 Min., nach weiteren 10 Min. II eben so lange exponirt. Das Thier verendet darauf mit weiten Pupillen. In beiden Augen finden sich schöne Optogramme, von welchen das zuletzt entstandene vollkommen, das erstere in den belichteten Streifen von heller Rosafarbe ist.

Versuch **32.** Vergiftung mit 2 ccm. unter die Rückenhaut injicirter Lösung, worauf sofort Speichel- und Thränenfluss erfolgt. Die Pupillen sind während des Belichtens etwas weiter, als normal; I wird sofort 3 Min., II eben so lange nach 10 Min. exponirt, darauf das Thier sogleich getödtet. Die Bilder sind beide stark überexponirt mit zu breiten hellen Streifen, aber in dem von I, das nur 13 Min. langer Regeneration überlassen, sind die belichteten Theile kräftig rosafarben.

Versuch **33.** Wie der vorige angestellt. I 1½ Min., II 18½ Min. später 1½ Min. exponirt. I kommt darauf sofort, II nach 20 Min. langem Liegen im abgetrennten Kopfe in Alaun. In II findet sich, vermuthlich weil das Thier gezuckt hatte, ein verwaschener heller Fleck, während in I noch die letzte Spur

des Optogramms an 3 schwächer gefärbten Flecken in der Sehleiste zu erkennen ist.

Versuch **34.** Ausgeführt wie der vorige, doch beträgt die Zeit zwischen den Aufnahmen nur 10 Min. Im zweiten Auge ohne Regenerationszeit findet sich ein fast vollkommenes, ein wenig unterexponirtes Optogramm, während im ersten Auge Streifen nur noch in der Sehleiste zu sehen sind.

Wo sich Gelegenheit fand, haben wir normalen Augen, in denen vollkommene, oder sehr wenig unterexponirte Optogramme entstanden waren, die Zeiten von 12—22 Min. zur Regeneration gegeben, aber niemals auch nur annähernd so vorgeschrittene Verwischung der Bilder mit neugebildetem Purpur gesehen, wie in den mitgetheilten, unter dem Einflusse des Pilocarpin ausgeführten Versuchen und es findet sich in den gesammten in unserm Besitze befindlichen Notizen über normale Regenerationszeit keine einzige Angabe von so rapidem Verlaufe des Vorgangs.

In der Herabsetzung der Regenerationszeit durch das Secretionen so mächtig erregende Pilocarpin auf weniger als die Hälfte, liegt offenbar ein Hinweis auf secretorische Leistungen des retinalen Epithels, welchen weiter zu benutzen unsere nächste Aufgabe sein wird.

# Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs.

Von

Dr. **August Ewald.**

(Hierzu Tafel IX.)

---

Das Vorkommen verhältnissmässig so gesättigter Farben, wie des Sehpurpurs und der gelben Farbe der Macula lutea in der Retina des Menschen, liessen es auffallend erscheinen, dass entoptisch von denselben bis jetzt fast niemals etwas wahrgenommen worden war; denn so viele Methoden auch bekannt wurden zur entoptischen Demonstration der Macula lutea und der Fovea centralis, so waren doch die Bilder derselben fast immer nur auf Differenzen in der Helligkeit beschränkt.

Da für die subjective Wahrnehmung der Macula lutea, deren Pigment sich in den inneren Schichten der Retina befindet, die gleichen Verhältnisse vorliegen, wie für die *Purkinje*'sche Aderfigur, so versuchte ich zunächst die für die Hervorbringung dieser seither bekannten Methoden, jedoch ohne Erfolg. Weder bei der Beleuchtung mit schräg durch die Pupille einfallendem Kerzenlichte, noch bei Durchleuchtung der Sclerotica mit durch Linsen concentrirtem Lampenlichte, war in dem orangeroth gefärbten Gesichtsfelde um den Fixationspunkt eine Farbendifferenz mit der Umgebung, etwa ein mehr in's Gelbe spielender Fleck zu bemerken, obgleich dabei die Gegend der Fovea durch den Mangel an Gefässen leicht zu erkennen war. Ebensowenig gelang

es, die Farbe der Macula durch diejenige Methode zu sehen, welche die feinsten Capillarverästelungen am Besten zur Wahrnehmung bringt, indem man durch eine feine etwa 1 □ mm. grosse Oeffnung nach einer gleichmässig von Tageslicht erleuchteten Fläche hinsieht, während man die kleine Oeffnung in kreisförmigen Bewegungen dicht vor dem Auge herumführt. Man sieht dann die feinsten Capillarschlingen bis dicht an den Fixationspunkt herangehen, dort nur eine ganz kleine Stelle freilassend; man sieht auf's deutlichste darin eine feinste musivische Zeichnung, die jedenfalls Ausdruck der Zapfenmosaik ist, jedoch auch bei dieser Methode keine Andeutung von gelber Farbe, obgleich hierbei die Gefässfigur auf eine von weissem Tageslichte erhellte Fläche projicirt wird. Auch wenn das Auge längere Zeit im Dunkeln verweilt hatte, gelang der Versuch nicht. Gleich resultatlos, in Beziehung auf Wahrnehmung der Farbe blieben die Versuche mit intermittirendem Lichte, die sonst die Macula und Fovea centralis sehr leicht entoptisch erkennen lassen.

*Helmholtz* gibt (Handbuch der Physiol. Optik, § 25) an, dass man, wenn man durch ein blaues Glas plötzlich nach einer weissen Fläche sieht, oder nach dem blauen Abendhimmel blickt, die Macula lutea als dunklere Stelle sieht, und erklärt dies aus einer Absorption des blauen Lichtes durch das gelbe Pigment der Macula. Es war dies ein weiterer Grund zur Annahme, dass man bei geeigneter Versuchsanordnung die Macula gelb sehen müsse.

Endlich erinnerte ich mich, häufig morgens beim Erwachen beim ersten Aufschlagen der Augen, die schwarze Gefässfigur, auf den grauen Grund meiner Zimmerdecke projicirt, wahrgenommen zu haben, und ich versuchte mehrmals vergebens beim Erwachen schnell genug zum Bewusstsein zu kommen, um mir über die eventuelle entoptische Sichtbarkeit der Macula Rechenschaft geben zu können. Es gelang mir bald sehr leicht die

schwarze Aderfigur sehen zu lernen, die ich nun jeden Morgen mit grosser Deutlichkeit einige Secunden lang an meiner Zimmerdecke wahrnehme, dagegen konnte ich während mehrerer Tage keine Helligkeits- oder Farbendifferenz am Fixationspunkte bemerken. Endlich sah ich eines Morgens auf's deutlichste einen gelben Flecken in der Gegend des Fixationspunktes, der aber nach höchstens 1—2 Secunden wieder verschwunden war. So kurz die Beobachtung dauerte, so war ich doch sicher mich nicht getäuscht zu haben. Um nun mit grösserer Ruhe den Versuch wiederholen zu können, zu dessen Zustandekommen es offenbar nothwendige Bedingung ist, dass das Auge sehr lange, wie bei dieser Beobachtung während der ganzen Nacht, ausgeruht hatte, so musste der Versuch so angestellt werden, dass ich nach dem Erwachen zu vollständigem Bewusstsein kommen konnte, ehe Licht in die Augen eingefallen war. Zu diesem Zwecke liess ich mich in der Art wecken, dass mir mein Diener, während ich Morgens noch in tiefem Schlafe lag, ein dichtes schwarzes Tuch über den Kopf warf. Durch diese Procedur wachte ich auf, war aber vor eindringendem Lichte geschützt. Nachdem ich unter dem Tuche vollständig munter geworden, verschloss ich die Augen durch die dicht aufgelegten Hände und liess das Tuch entfernen. Richtete ich sie nun gegen die Zimmerdecke und öffnete, durch rasches Wegziehen der Hand und wieder Bedecken das eine Auge für einen Moment, so sah ich auf's deutlichste die Aderfigur, schwarz auf hellem Grunde, hauptsächlich die grossen Gefässstämme, die in weitem Bogen oben und unten die Macula umkreisen. In der Mitte dieses Gefässkranzes, sah ich jedesmal einen gelben, etwas dunkleren Fleck, der die Gegend des Fixationspunktes einnahm und seiner Grösse nach, auf der Retina einem Flecke von etwa 1,5 mm. Durchmesser entsprechen musste. Da der intensiver gefärbte Theil der Macula von den Meisten etwa zu 1,5—2,0 mm. Durchmesser angegeben wird, so scheint

mir kein Zweifel zu sein, dass das beschriebene entoptische Bild der Ausdruck der Macula lutea ist. Seit 14 Tagen habe ich diesen Versuch täglich wiederholt und jedesmal mit beiden Augen, den gelben Flecken durch momentanes Oeffnen des Auges, mitunter 5—6 mal hintereinander, freilich mit allmählich abnehmender Deutlichkeit, beobachten können.

Bei diesen Versuchen ist noch eine andere Erscheinung von nicht geringerem Interesse zu beobachten. Um den gelben Flecken herum sieht man jedesmal einen grösseren rosenfarbenen Hof, der aussen etwa bis zum blinden Fleck und oben und unten bis nahe an die grösseren Gefässstämme reicht. Derselbe ist am gesättigtsten in der Nähe des gelben Fleckens und geht an der Peripherie allmählich in die weisse Farbe der Zimmerdecke über.

Je besser das Auge ausgeruht ist, um so intensiver in der Färbung und um so grösser erscheint der rosafarbene Hof. Bei den best gelungenen Versuchen musste er meiner Schätzung nach einer Retinagrösse von etwa 5—5 1/2 mm. Durchmesser entsprechen. Diese Erscheinung ist noch schwerer wahrzunehmen und noch flüchtiger als die Beobachtung der Macula lutea, denn letztere ist noch gut entoptisch gelb sichtbar, wenn der Hof schon verschwunden ist. Nur das absolut ausgeruhte Auge ist im Stande die Beobachtung anzustellen; denn, wenn man während des Tages, nachdem also mehrere Stunden das Tageslicht in gewöhnlicher Weise auf die Retina eingewirkt hatte, das Auge, selbst eine ganze Stunde lang, bedeckt hält, so ist doch noch keine Spur der Rosenfarbe zu bemerken. Ist jedoch das Auge die Nacht hindurch gründlich ausgeruht, und hat man am Morgen nur so lange Licht einfallen lassen, bis die Macula lutea und der Hof verschwunden sind, also nur wenige Secunden lang, so genügt ein erneutes Ausruhen von etwa 20 Min., um die Erscheinung wieder in voller Deutlichkeit wahrnehmen zu können.

Aehnliche Beobachtungen, denen wohl die gleiche entoptische

Ursache zu Grunde lag, scheinen schon früher gemacht worden zu sein. So gibt *Tait* (Edinburgh Proceedings 1869—70. VII. pag. 605—607) an, dass ihm während eines Unwohlseins jedesmal beim Erwachen das Licht der Lampe etwa 1 Secunde lang tief roth erschien. Er fand darin eine Stütze der Young'schen Theorie, indem er glaubte, dass die Nervenfasern der Retina am Schlafe theilnähmen, dass aber die grün- und violet-empfindenden Fasern ihre Function etwas später wieder erhielten, als die rothempfindenden. Diese Erklärung kann aber für die Erscheinung des rosenfarbenen Hofes nicht richtig sein, denn sonst müsste auch an Stelle des gelben Fleckens zuerst Roth empfunden werden, was nicht der Fall ist.

Auch von *Boll* (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877. I. Pag. 20. Anmerkung) wurde auf eine rothe Färbung des Gesichtsfeldes und eine rostfarbene, der Macula entsprechende Stelle bei ausgeruhtem Auge aufmerksam gemacht, und als subjective Wahrnehmung des Sehpurpurs aufgefasst.

Das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten Auges (Taf. IX), auf die oben beschriebene Weise zur Wahrnehmung gebracht, entspricht auch so vollständig dem Aussehen der centralen Parthieen einer ganz frisch exstirpirten, noch purpurhaltigen menschlichen Retina, dass der Gedanke nahe liegt, in dem rosenfarbenen Hof um den gelben Flecken den entoptischen Ausdruck des Sehpurpurs zu sehen. Man musste freilich daran denken, diese Erscheinung mit Horner's Beobachtung (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) in Zusammenhang zu bringen, der beim Betrachten des Augenhintergrundes eines frisch exstirpirten menschlichen Auges an Stelle der Fovea eine sehr schnell verschwindende Röthe zu bemerken glaubte. Allein dies kann die Erscheinung nicht erklären, da selbst die ganze Macula lutea, auch mit ihren helleren diffusen Rändern niemals eine solche Ausdehnung besitzt, wie der rosenfarbene Hof. Ausser-

dem konnte bei keinem der von *Kühne* bis jetzt untersuchten, möglichst gut conservirten menschlichen Augen, selbst an den vollkommen normalen, frisch bei Natronlicht exstirpirten nicht, eine rothe Färbung der Fovea constatirt werden, im Gegentheil, es hob sich dieselbe immer ungeröthet, deutlich von der Umgebung ab.

Das einzige Moment, welches ausser dem Sehpurpur zur Erklärung des rosenfarbenen Hofes heranzuziehen ist, liegt darin, dass möglicher Weise die Farbe des Blutes der Retinal- oder Choroidealgefässe entoptisch wahrgenommen werden kann. Dass die Absorption in den Gefässen der Retina die Erscheinung bedinge, halte ich für unwahrscheinlich, denn die grösseren Gefässe, deren Blutschichte dick genug ist, um roth erscheinen zu können, zeigen sich entoptisch immer als schwarze ästige Figuren, und die Absorption in den Capillaren könnte höchstens eine hellröthliche gelbe Färbung hervorrufen, während die Farbe des Hofes deutlich rosenroth ist. Da ich mich jedoch bei der kurzen Dauer der Beobachtungszeit in der Nüance der Farbe getäuscht haben könnte, obgleich ich dies nicht glaube, so stellte ich noch folgenden Versuch an. War der rosenfarbene Hof durch Absorption im Hämoglobin der Netzhaut bedingt, so mussten, wenn man während der Zeit seiner Sichtbarkeit durch einen Spectralapparat sah, die beiden Absorptionsbänder des Hämoglobins wahrgenommen werden können, da Lösungen von Hämoglobin, deren Färbung die Sättigung der Rosenfarbe des Hofes bei Weitem nicht erreichten, die Streifen noch auf das Deutlichste zeigten. Unter den oben angeführten Cautelen geweckt, konnte ich indessen selbst bei mehrfacher Wiederholung des Versuches keine Andeutung von Absorptionsstreifen im Spectrum, welches natürlich so lichtschwach als möglich genommen war, erkennen.

Es bleibt mithin nur noch das Choroidealblut, welches ausser dem Sehpurpur in Frage kommen kann, denn das oph-

thalmoskopische Bild des Augenhintergrundes zeigt, dass, selbst bei ziemlich stark pigmentirten Augen, rothes Licht von der Choroidea in's Auge reflectirt wird. Man könnte die Erscheinung desshalb auch auf solches reflectirtes und im Bulbus zerstreutes Licht zurückführen, oder auf solches, welches durch Sclera und Choroidea eingedrungen wäre.

Ich suchte bis jetzt vergebens darüber zu einer sicheren Entscheidung zu kommen; denn dass der rosenfarbene Hof nur vom vollkommen ausgeruhten Auge gesehen werden kann, lässt einerseits die Erklärung zu, dass nur vollständig regenerirter Sehpurpur ausreicht, um entoptisch wahrgenommen werden zu können; andererseits kann man aber auch sagen, dass nur eine vollkommen ausgeruhte Netzhaut farbenempfindlich genug ist, um so schwache Reize wahrzunehmen. Diese letztere Erklärung passt natürlich ebenso für das Roth der Choroidealgefässe, wie für den Sehpurpur. Da indessen das entoptische Bild so vollständig dem Aussehen der frischen Retina gleicht, und für meine Empfindung der Hof entschieden hell purpurfarbig und nicht blutroth erscheint, so möchte ich mich mehr der Annahme zuneigen, dass die Erscheinung auf die entoptische Wahrnehmung des Sehpurpurs zurückzuführen sei, obgleich mir ein bestimmter Nachweis bis jetzt nicht möglich war.

Dass nicht das ganze Gesichtsfeld in der Rosenfarbe erscheint, hängt wohl mit der geringeren Farbenempfindlichkeit der peripheren Netzhautstellen, besonders für rothes Licht zusammen.

Etwas abweichend war die Erscheinung in zwei Fällen, als ich mit nicht vollkommen ausgeruhten Augen den Versuch anstellte, oder nicht schnell genug zum Bewusstsein gekommen war. Das eine Mal war der Hof nicht gleichmässig rosenfarben, sondern mit blassgrünen Flecken durchsetzt; das andere Mal erschien der ganze Hof in hellgrüner Farbe. Ob es sich dabei um complementäre Nachbilder des rosenfarbenen Hofes handelte,

vermag ich nach den vereinzelten Beobachtungen nicht zu entscheiden.

Die Abbildung Taf. IX kann natürlich nur den Anspruch eines Schema's machen, doch ist dieselbe möglichst treu aus dem Gedächtniss gezeichnet. Sie soll das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten rechten Auges darstellen.

# Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser.

Von

**L. v. Morochowetz.**

(Hierzu Tafel X.)

---

Unter den vielen des Verständnisses noch entbehrenden Erscheinungen an den Nervenfasern stehen die durch Silbersalze erzeugten an erster Stelle. Eine Querstreifung von solcher Deutlichkeit, wie sie *Frommann* (*Virchow*'s Arch., Bd. 31, S. 151) an den Fasern des Rückenmarks entdeckte und *Grandry* an peripherischen markhaltigen Nerven sah, hätte, sollte man denken, die Bahn zu eingehender Erkenntniss der Structur des Axencylinders eröffnen müssen, wenn ihr Structurdifferenzen desselben zu Grunde lagen. Indess sind fast Alle, die sich seitdem mit der Nervenversilberung beschäftigt haben, von keiner Auffassung entfernter geblieben, als von der *Grandry*'s (Bull. d. l'Acad. r. d. Belgique 1868, 2. Ser. XXV.), welche die Silberstreifung zum Belege für einen Schichtenbau aus nervous elements genommen. Ebenso ist es mir bei einigen Versuchen über die Silberreaction an peripherischen und centralen Nerven gegangen: ich kam zu dem Schlusse, dass die Streifung vornehmlich den nächsten Hüllen oder Umgebungen des Axencylinders angehöre und bin in Zweifel, ob die an marklosen Fasern zu erhaltende für gleichwerthig zu halten sei.

Während der Wechsel heller und dunkler Stellen an den

marklosen Fasern bis jetzt recht regellos gefunden wurde und die ganze Methode dort überhaupt häufig weniger anschlägt, ist Nichts leichter, als die Gewinnung guter und mit regelmässigen Zeichnungen versehener Bilder bei den peripherischen markführenden Nerven. Man erhält an den Schnürringen das von *Ranvier* beschriebene Kreuz und von diesem ausgehend nach beiden Richtungen hin dunkelbraune und hellbraune bis gelbliche Querstreifen auf dem Axencylinder. Häufig verschiebt sich dieser mitsammt den Streifen in den Hüllen der Art, dass die Stelle, welche vorher in der Einschnürung lag, sammt den nächsten, meist dichter gestreiften Strecken über oder unter die Einschnürung der *Schwann*'schen Scheide geräth. In solchen Fällen wird ein Stück aus dem Querbalken im Kreuze mitgeführt, d. h. eine Scheibe herausgenommen, da das Kreuz selbst nur eine scheibenförmige Platte mit durchgesteckter Axe ist. Fig. 1 und 2, Taf. X stellen unveränderte, Fig. 5, 7, 8 verschobene Kreuze vom Hunde und Kaninchen nach Einwirkung von $^1/_3$ pCt. Silberlösung dar. Auf Fig. 5 und 7 sieht man trotz der Verschiebung noch den Querbalken, welcher der ringförmigen Grenze zweier Abschnitte der *Schwann*'schen Scheide entspricht, die ich geneigt bin, nach den von *Key* und *Retzius* und von *Ewald* und *Kühne* gegebenen Aufklärungen über die Bindegewebsstellung dieser Hülle für eine der häufigen silbergefärbten Kittlinien zu nehmen.

Fast immer fand ich die innere Masse des Querbalkens aus mächtigeren tief geschwärzten Ablagerungen bestehend (Fig. 1, 6, 7, 10, 11, 12) und die Gestalt derselben häufig so, dass ich sie für Niederschläge halten muss, die den Raum erfüllen, welchen die Markmassen um den Axencylinder freilassen. Die Form dieser Lücke ist im Allgemeinen kegelförmig, die Grösse schon an frischen Fasern verschieden, vollends an den mit Silbersalzen behandelten, wo das Mark verändert ist und sich von den Schnürringen zurückziehen kann. Fig. 6, 10, 11 stellen die mit re-

ducirten Silberverbindungen angefüllten Kegel dar. In Fig. 6 hat sich die Masse auf dem durchtretenden Axencylinder verschoben, in Fig. 12, wo sich der Kegel in einen längeren schwarzen Cylinder fortsetzt, nur wenig aus dem Schnürringe gelockert.

Wenn die innere Scheibe des queren Kreuzbalkens nicht dem Axencylinder, sondern einer periaxialen Masse angehört, so ist zu erwarten, dass sie gelegentlich in Gestalt einer durchbohrten Platte sichtbar werde. Das Object von Fig. 3 (vom Kaninchen) liess mir darüber schon keinen Zweifel, obwohl die Färbung hier unvollkommen war, das von Fig. 4 aber zeigte solche Scheiben mit hellem kreisförmigem Centrum evident. Es ist natürlich, dass dieses hübsche Bild nur wahrgenommen wird, wo der Querbalken schmal und auf keiner Seite mit kegelförmigen Auflagerungen versehen ist, da es eines kaum zu erwartenden Zufalles bedürfte, um durch eine längere schwarze Masse in der Richtung der farblosen Axe blicken zu können.

Wie die Kegel an den Schnürringen dicker sind, als der Axencylinder jemals nach Silberbehandlung, auch wenn er sich nicht eigentlich färbt, ist, so sind es auch die sämmtlichen dunkleren Querbänder auf allen übrigen Strecken. Alle Beobachter stimmen darin nach Beschreibung und Abbildung überein. Man müsste also dem Axencylinder nicht nur in chemischer Beziehung, sondern auch nach Gestalt und Durchmesser einen Schichtenbau, der auf eine mit tiefen Riefen versehene Stange hinauskommen würde, zuschreiben, wenn das Silberbild seine Structur bezeichnete.

Allem Anscheine nach dringt die Silberlösung, wie *Ranvier* hervorhob, am leichtesten an den Schnürringen in den Nerven ein und in dem Grade schwerer und bereits mehr verändert, oder durch Verbrauch verdünnt zu einem Punkte der Axe, je weiter dieser von der Einschnürung entfernt ist, oder je mehr er sich in der Mitte zwischen 2 Ringen befindet. Dies kann die Ursache der schwächeren und unregelmässigeren Färbung und

Streifung an solchen Orten sein. Ich habe daher versucht dem Reagens durch Zerreissen der *Schwann*'schen Scheide andere Wege zu bahnen und fand, dass es leicht gelingt, wenn man die Nerven in der Silberlösung gleich tüchtig zerfasert. So sind Fig. 12, 13, 14, 16 erhalten, die keinen Zweifel mehr darüber lassen, dass um den Axencylinder gelegte ringförmige Räume, oder Kreiscanäle vorkommen, in denen mit Silber zu schwärzende Stoffe liegen. Unter Umständen scheinen dieselben den Axencylinder auf längere Strecken auch continuirlich überziehen zu können, (vergl. Fig. 12 und 13), so dass derselbe nicht gestreift, sondern einfach schwarz oder braun wird und mit solcher Färbung zwischen den breiteren dunklen Streifen auftritt (Fig. 12).

Um den Platz für die erwähnten Kreiscanäle zu finden, bleibt nichts übrig, als die Markscheide, oder periaxiale Räume in dieser, welche *Klebs* (*Virchow*'s Arch. Bd. 32, S. 179) schon angenommen, in Anspruch zu nehmen. Dieselben wären indess nicht als Cylindermäntel aufzufassen, sondern, wie gesagt, als übereinandergeschichtete Ringe, wobei ich selbstverständlich nur die Zustände bei der jeweiligen Reagenswirkung, nicht die normalen im Lebenden in's Auge fasse. Immerhin aber wäre es von Interesse Andeutungen zu finden, die mindestens zeigen könnten, dass bei den Veränderungen des Markes durch Gerinnung oder Fällung so regelmässig angeordnete Schichten verschiedener chemischer Zusammensetzung nach der Axe hin auftreten, wie die vom Silber bezeichneten. Ich habe desshalb Nerven mit Alkohol oder Aether, auch mit beiden behandelt oder schnell und kurz auf 100° C. erhitzt und darauf der Silberwirkung unterworfen, aber es ist mir darnach niemals gelungen etwas von der Streifenwirkung zu erzielen.

Die grössten Schwierigkeiten stellen sich dem Verständnisse der Silberbilder an Nerven des Rückenmarkes entgegen, falls es sich um marklose Fasern der grauen Substanz handelt. Von der

weissen Substanz der Hinterstränge des Kalbes erhielt ich das Präparat von Fig. 16 durch Zerzupfen, das sich den Erfahrungen an peripherischen Nerven gut anreiht. Fig. 24 und 25 stellen marklose, aber mit Scheiden versehene Fasern dar, wo die Streifung auf Runzelungen der Oberfläche beruht und entsprechend regellos ist. Abgesehen von den eleganten Bildern an Fasern der grauen Substanz, die durch *Frommann* so bekannt geworden, möchte ich aber auch auf Bilder, wie die in Fig. 17—23 dargestellten aufmerksam machen, wo nur ein Theil der Streifen umgelegten Bändern (22a.a) entspricht, ein anderer Runzeln oder queren Falten (20), während mir eine dritte Art (23a) den Eindruck durchgehender Scheibchen macht, die vielleicht auf Risse der Faser und auf den Anblick gegen die Rissfläche zurückzuführen sind.

## Erklärung der Taf. X.

Mit 1/3 pCt. Silbernitrat behandelte Nerven.

Sämmtliche Figuren sind mit dem Zeichenprisma aufgenommen, Fig. 12, 16, 17—25 mit *Hartnack*'s Immersionssystem X, die übrigen mit Syst. VIII.

Fig. 1—12 vom Kaninchen und vom Hunde, Fig. 13, 14, 15 vom Schweine, Fig. 16 aus den weissen hinteren Strängen des Rückenmarks vom Kalbe, Fig. 17—25 aus dessen grauer Substanz.

Fig. 12, 13, 14, 16 stellen vor und während der Silberwirkung zerrissene Fasern dar.

# Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs.

Die Art der Beachtung, welche eine Veröffentlichung von *Valentin* (*Moleschott*'s Unters. Bd. XII, S. 31) in der referirenden Presse findet, bringt mich in die Verlegenheit einige Widersprüche des Verf. gegen meine Befunde über die Farbe der Netzhaut zu erörtern. Als ich seine Mittheilung las, hatte ich keinen dringenderen Wunsch, als den, niemals genöthigt zu werden, auf Anderes, als auf das Unanfechtbare, das sie ohne Zweifel enthält, einzugehen. Ohne mein Verschulden ist es anders gekommen, indem mir die Pflicht auferlegt wird der unerwarteten Verbreitung von *Valentin*'s Irrthümern zu steuern.

Ich behaupte und bin es zu demonstriren immer bereit, dass eine Netzhaut ohne Licht tagelang purpurfarben bleibt, ja dass eine ganz verfaulte Netzhaut, ebenso eine von Bacterien wimmelnde, mit einer dicken Schimmelkappe bedeckte Lösung des Sehpurpurs ihre Farbe bewahrt. Nach *Valentin* kommt es nur ausnahmsweise vor, dass man an einer Froschnetzhaut am folgenden Tage noch einen schwachen Rest der Färbung erkennt. Hätte er gesagt, die Farbe des ganzen Objectes werde weisslicher, so wäre dagegen nichts zu sagen, obgleich es irrelevant für den Purpur ist, dass seine Sättigung auf der im Absterben getrübten Unterlage geringer wird. *Valentin* sagt, er habe die Froschretina zwischen Objectträger und Deckglas aufbewahrt, ohne hinzuzufügen, ob er sie feucht hielt. Unterliess er das letztere, so musste er sie nach 24 Stunden angetrocknet finden, was ihre Farbe freilich nicht aufhebt, sie jedoch in eine theils durchsichtigere, theils Luft führende rissige Masse verwandelt, deren Farbe erst durch Aufweichen wieder so gut sichtbar wird wie zuvor. Dies ist meine Erklärung der Sache; wer sie gesucht findet, kommt nicht ohne die unfreundlichere Annahme aus, dass *Valentin* das Licht nicht ordentlich abgehalten habe.

Soviel über die Froschretina. Milder fällt die Erklärung der Angaben über den Purpur des Kaninchenauges aus, denn was dieselben über Bleichung oder Erhaltung des Purpurs berichten, wurzelt zumeist einfach in der unzulässigen Methode, die Netzhautfarbe in situ beim Hineinsehen in den Grund des eröffneten und von hinten beleuchteten Auges oder durch die Sklera im Lichte, das durch die Cornea eingefallen, beurtheilen zu wollen. Ich habe längst bewiesen, dass man in dieser Weise die Netzhautfarbe nicht sehen kann, da Niemand, dem ich ein albinotisches Kaninchenauge so zeige, mir sagen kann, ob es ein Optogramm enthält oder nicht, was zugleich die Prüfung einschliesst, wie viel oder wie wenig von dem Stäbchenpurpur auf diffusem blutrothem Grunde überhaupt zu sehen ist. Manche Bemerkungen *Valentin*'s über das Schwinden der Netzhautfarbe beziehen sich daher gar nicht auf diese, sondern auf die des Blutes der Uvea und dessen Fortrücken

aus den Gefässen, andere, bei denen zugleich die Wirkung von Reagentien der verschiedensten Art in Betracht kommt, auf das Opakwerden sowohl der Retina, wie des Gewebes der Aderhaut. Es würde zu weit führen hier alle Einzelfälle durchzugehen, da jeder Bearbeiter des Gegenstandes sich alsbald überzeugen wird, dass er mit solchen Beobachtungsweisen von einem Irrthum in den andern fällt.

Nach *Valentin* soll die Netzhautfarbe bei — 6 und — 13° C. in einigen Minuten vollkommen zerstört werden, aber er sagt nicht ob ihm die weiss gefrorenen oder die wieder aufgethauten Netzhäute farblos erschienen. Es würde mir eine Freude sein das erstere annehmen zu dürfen, da ich mir allenfalls denken kann, dass Jemand das helle Rosa der erstarrten Membranen für Bleichung nehme, wenn er es unterlässt die im Dunkeln wieder aufgethauten, deren Farbe unverändert wiederkehrt, zu besehen.

Das Frieren und Thauen muss besonders, wenn es plötzlich und wiederholt geschieht, mechanische Veränderungen an der Retina erzeugen und diese Ueberlegung ist es vielleicht, die *Valentin* um so weniger Anstoss an seiner Beobachtung nehmen liess, als vor ihm nicht nur der gleiche Erfolg von dem Gefrierversuche, sondern sogar von blosser mechanischer Gewalt behauptet worden. Von der erstaunlichen Eigenschaft der Netzhaut durch Druck entfärbt zu werden, las man zuerst in dem Berichte eines italienischen Militairarztes über Netzhautfarben, später leider in deutscher Sprache in einer ernsthaften wissenschaftlichen Zeitschrift: zwischen zwei Glasplatten zerdrückt sollte eine Retina farblos werden. Nichts kann unzweifelhafter sein; aber hat man jemals gehört, dass Einer sich bei dem Wunder aufgehalten, wenn ein Farbetropfen oder ein Klümpchen gefärbter Gelatine so dünn zu drücken war, bis man die Farbe nicht mehr sah? Genau so steht es um die Retina, deren Farbe natürlich wiederkehrt, wenn man sie wieder zusammenschabt. Wer die Lichtempfindlichkeit der isolirten Netzhaut nicht kannte, konnte mit dem Versuche vielleicht schwer zu Stande kommen, aber von Jemandem, der jenen Schlüssel zur Photochemie der Netzhaut selbständig auch gefunden zu haben vorgab, begreift man nicht, wie ihm der nächste aller Einfälle entging: die Netzhaut im Dunkeln zu quetschen, wieder zusammen zu häufeln und dann am Lichte zu besehen. Das konnte man auch ohne die von mir für diese Zwecke gelehrte Natronbeleuchtung recht gut ausführen. Da es nicht geschehen ist, muss also jener „unaussprechliche“ Versuch wirklich und ausdrücklich zu Grabe getragen werden.

Der Sehpurpur soll nach *Valentin* im lebenden Auge besonders bei monochromatischem Lichte auch ophthalmoskopisch zu erkennen sein. Ich wünschte sehr, dass es so sei und hätte um so lieber Beweise dafür gefunden, als eigene Versuche mich noch nicht aus dem Dilemma brachten, den Sehpurpur für ophthalmoskopisch unzugänglich oder mein Geschick für unzulänglich zu halten. *Valentin* sieht mit dem Augenspiegel (l. c. z. B. S. 62) dreierlei: 1. das Leuchten des Sehloches (Pupille), 2. der Blutgefässe, 3. des Augengrundes zwischen den Blutgefässen. Nro. 1 darf ihm nicht

geraubt werden, denn er versichert alle 3 Phänomene bei einem und demselben möglichst einfarbigen Lichte in verschiedener Farbe sehen zu können, z. B. bei grünem, 1. sehr rein weiss, 2. schwarz bis tief schwarzroth, 3. weiss bis weissgrünlich. Um kein Misstrauen zu wecken, bin ich genöthigt *Valentin*'s anknüpfenden Schluss (S. 63) wörtlich wieder zu geben. Er lautet:

„*Das schwarze Ansehen der Blutgefässe bei einer einfarbigen nicht rothen Beleuchtung erklärt sich dadurch, dass hier, wie bei jedem andern rothen Körper, keine rothen Strahlen zurückgeworfen werden. Zeichnete sich die grüne Flamme des schwefelsauren Kupferoxyd-Ammoniaks dadurch aus, dass das Sehloch in sehr reinem Weiss leuchtete, so folgt, dass unter den grünen Linien, welche dieser Körper im Spectrum zeigt, eine oder mehrere einem Grün entsprechen, das genau die Ergänzungsfarbe des Netzhautroth des Albinokaninchens bildet. Das S. 35 erwähnte grüne Glas leistete ähnliches, wenn auch unvollständiger. Das vorherrschende Weiss, welches die gelbe und die andern Arten grüner Flammen lieferten, deutet an, dass Ergänzungsfarben genug für solche Beleuchtungsarten im Innern des Auges vorhanden sind und dann die Hauptmasse der Netzhaut ihre Farbe nachdrücklicher geltend machen kann.*“ —

Wesshalb *Valentin*, um grünes Licht zu erhalten, gerade die Kupferflamme nahm, die ausser grünen sogar schwächere rothe, gelbe und hellere blaue Linien gibt, versteht man nicht, ebensowenig, wesshalb er sich dazu nicht, wie alle Welt, des Chlorkupfers bediente; welche Meinung er indess von seinem Kupferlichte haben mochte, so bleibt der Sinn seines Denkganges der nämliche und dieser befreit uns nicht von der Befürchtung, dass der Verf. den Sehpurpur für selbstleuchtend halten müsse (vergl. auch l. c. S. 35). — Ich habe die Froschnetzhaut in *Becquerel*'s Phosphoroskop untersucht und in keinem noch so intensiven, auch in keinem monochromatischen Lichte daran Phosphorescenz, die man der Fluorescenz wegen vielleicht hätte erwarten dürfen, bemerken können.

Nach den angeführten Proben der *Valentin*'schen Arbeit kann ich nicht weiter gehen und muss es den Fachgenossen überlassen selbständig zu entscheiden, was von des Verf. Angaben zu halten sei, dass der Sehpurpur in O, H, $CO_2$, CO der Reihe nach langsamer vom Lichte afficirt werde, ob es richtig sei, dass NaCl von 10 pCt. den Sehpurpur zerstöre, eine gesättigte Lösung nicht, ob es ein guter Griff gewesen ganze Netzhäute kräftiger Elektrolyse auszusetzen, wenn man weiss, dass Säuren und Alkalien die Farbe zerstören und daraus zu schliessen, dass erregter Sauerstoff die Ursache sei, seit ich zeigte, dass Ozon nichts über den Sehpurpur vermag, und hinzufügen kann, dass weder die Netzhaut noch eine Purpurcholatlösung in Berührung mit dem von *Hoppe-Seyler* für solche Zwecke verwendeten Palladiumwasserstoff jemals entfärbt werden. Der Leser möge endlich urtheilen, ob es recht war, die Kritik dieser Mittheilungen eines Autors, dessen redliches Bemühen seit einem halben Jahrhundert bekannt ist, zu provociren. *W. K.*

# Notiz über die Netzhaut der Eule.

Trotz vieler Bemühungen habe ich es so schwer gefunden lebende Eulen in genügender Anzahl für manche wichtige Versuche, die sich damit anstellen liessen, zu erlangen, dass ich es für zweckmässig halte, über Beobachtungen, die mir am Eulenauge anzustellen möglich geworden, von Zeit zu Zeit etwa in der Weise zu berichten, wie es gewöhnlich mit den auf das menschliche, verhältnissmässig leichter zu erlangende Auge bezüglichen geschieht.

Zwei junge Waldkäuze (Syrnium aluco) von mittlerer Grösse und geringer Abweichung im Gefieder benützte ich, um eigene und fremde frühere Beobachtungen über das Eulenauge zu controliren und die Netzhäute nach längerem Dunkel- und Hellaufenthalte zu vergleichen. Ich liess das eine Exemplar, vom 1.—16. Sept., in unserem vortrefflichen Dunkelzimmer, das andere in einem nach oben und an den Wetterseiten mit Glas gedeckten Drahtkäfige an einem zuweilen auch directem Sonnenscheine zugänglichen Platze im Freien halten. Die Lichtscheu des letzteren war nur im Anfange auffallend; später sah man es fast immer mit weitgeöffneten Augen oft selbst der Sonne zugekehrt sitzen, nachdem es derselben in den ersten Tagen sehr beharrlich den Rücken gewiesen und bei jeder grösseren Helligkeit die Lider geschlossen hatte. Die schwer zu sehende von einer sehr dunklen Iris umrahmte Pupille wurde niemals auffallend eng, was die Lichtscheu im Allgemeinen schon einigermassen erklärlich macht. Wie viel die Eule im hellen Lichte zu sehen vermochte, war schwer zu beurtheilen, da sie sich zuweilen ohne erkennbaren Anlass wild geberdete, andererseits von den sich oft zahlreich um den Käfig versammelnden und lärmenden kleinen Vögeln gar keine Notiz zu nehmen schien.

Am 17. Sept. liess ich das Thier Morgens 8 Uhr in's Dunkle setzen und machte mich eine Stunde darauf an die Untersuchung der Netzhaut. Dieselbe wurde so prächtig purpurn gefunden, wie die des andern gänzlich im Dunkeln gehaltenen Tags zuvor untersuchten: die Regeneration war in den langen Stäbchen augenscheinlich bis an die Grenze der Innenglieder hin vorgeschritten, und ich glaube daher kaum, dass der Process wesentlich langsamer verlaufen werde, als beim Säugethiere.

1) Die bemerkenswertheste Differenz fand sich im Epithel der Netzhaut der beiden Thiere. Dasselbe enthielt (was ich früher [Bd. I, S. 27] nicht gesehen hatte), Fetttropfen in reichlicher Menge, bei dem dunkel gehaltenen in den meisten Zellen von bedeutendem, den Zellenhut fast ausfüllendem Umfange und sehr blasser, kaum strohgelber Farbe, bei dem hell gehaltenen ausschliesslich in Gestalt kleiner und kleinster Tröpfchen von überall intensiv citrongelber Farbe, deren meist 4—10 dicht zusammen lagen. Ich hatte diese Bildungen in den Augen der lange dunkel gehaltenen Eule zuerst

ganz vermisst, als ich aber am folgenden Tage die in Salzwasser liegen gebliebenen Augengründe noch einmal sorgfältig durchmusterte, fand ich darin, und wie es schien an den mehr peripherisch gelegenen Theilen, auch einzelne solcher aus kleinen und intensiver gefärbten Fettkügelchen bestehende Häufchen. Der Unterschied bestand demnach darin, dass nur dem lange vor Licht geschützten Auge die grossen blassen Fetttropfen zukamen.

2) Fanden sich nur bei dem hell gehaltenen Thiere ausser den tiefgelben Tröpfchen, zahlreiche farblose Klümpchen, die durch ihre knollige Gestalt und nach der Lichtbrechung sogleich an die beim Frosche vorkommenden ähnlichen Gebilde erinnerten, von denen sie nur in der etwa $^1/_4$—$^1/_6$ davon betragenden Grösse abwichen. In Galle von 5 pCt. zeigten sie auch dieselbe Löslichkeit. Im Auge der andern Eule konnte davon nur nach langem Suchen etwas in sehr wenigen Zellen gefunden werden.

3) Enthielten die sämmtlich mit langen pigmenttragenden Fortsätzen versehenen, beim Ablösen jedoch gar nicht an der Retina adhärirenden Zellen nur in den länger belichteten Augen jene glänzende struppige Zone in der Höhe des Zellenleibes, wo die dunklen Pigmentstäbchen beginnen. Meine Annahme, dass die braunen Pigmentnadeln auch im lebenden Epithel vom Lichte erblassen, dürfte in diesem Objecte noch am ersten zu erweisen sein und ich muss bekennen, dass der Anblick dieses Epithels meine Meinung, dass man das gebleichte Pigment in situ sehe, erheblich befestigt hat. Bei der Probe mit Galle fand ich es aber auch hier unmöglich zu einer festen Ueberzeugung zu kommen, nachdem das Zellprotoplasma ganz gelöst und sein Inhalt gleichmässig ausgestreut war, da die lebhafte Molecularbewegung scharfe Einstellungen auf einzelne farblos scheinende Stäbchen unmöglich machte.

Nach der Entfärbung des Sehpurpurs, die weder schneller noch langsamer als bei andern Thieren am Lichte zu erfolgen schien, fand ich in allen vier Netzhäuten Zapfen sowohl mit farblosen, wie mit blass grünlichgelben grösseren und mit $^1/_2$—$^2/_3$ davon messenden kleineren, ziemlich intensiv gelben Kügelchen. Die ersteren erschienen bei dem Dunkelthiere so wenig gefärbt, dass man sich erst in den Anblick einleben musste, um die schwache Färbung zu erkennen, die letzteren so, dass ihre Farbe wenigstens nicht zu übersehen war. Unzweifelhaft intensiver waren beide Farben bei dem hellgehaltenen Thiere, auch schien die Anzahl der grösseren blass grünlichgelben bedeutender, besonders wenn man von den Augen der beiden Thiere nur die centralen Antheile der Netzhäute verglich. Immerhin waren die Differenzen jedoch nicht gross genug, um nicht auch für individuelle gehalten werden zu können. Wie beschwerlich es sein mag, so wird man also künftig versuchen müssen zwei Augen einer Eule zu vergleichen, deren eines lichtdicht verschlossen worden.

Schwach roth gefärbte Zapfenkugeln, die ich früher bei einem, wie ich bemerken muss, älteren Exemplare derselben Species fand, habe ich an diesen beiden vergeblich gesucht.

Makroskopisch war an den Netzhäuten auch nach dem Trocknen, das zweifelhaft gefärbte Vogelnetzhäute immer überraschend intensiv orange werden lässt, keinerlei Färbung zu erkennen und es verschwand in ihnen auch das Sehgelb am Lichte ziemlich rasch. Nur ein im Dunkeln einige Stunden feucht aufbewahrtes und abgestorbenes Netzhautstückchen zeigte die früher von mir bemerkte längere Haltbarkeit des Sehgelb am Lichte, nachdem die Purpurfarbe, wie gewöhnlich schnell bis soweit verwandelt war.

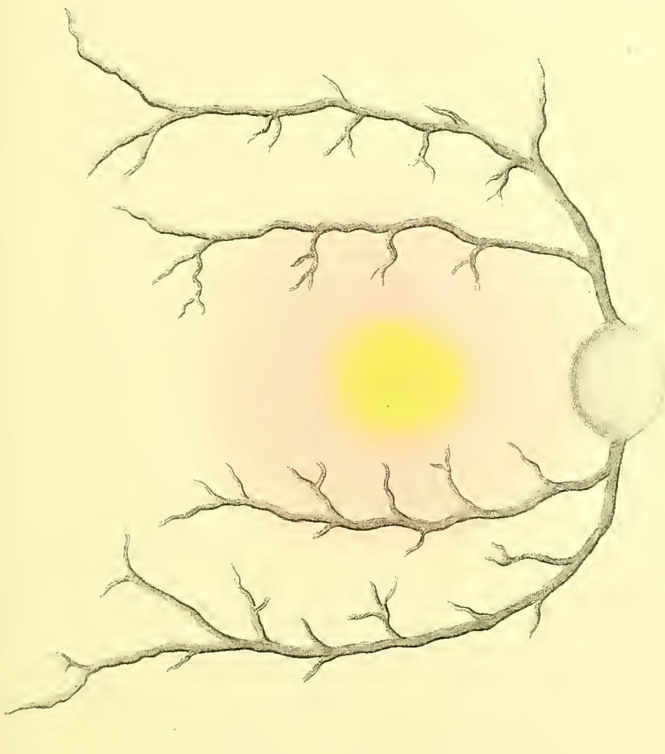
Die ora serrata retinae fand ich im Eulenauge ausserordentlich weit nach hinten liegend, nur wenige Mm. in den hohen Knochenring der Sklera hineinragend.

In der Hoffnung von Vogelaugen, deren Stäbchen wie die der Eulen Purpur besitzen, weitere Aufschlüsse über das Verhalten der retinalen Pigmente zum Lichte zu gewinnen, habe ich noch zwei zufällig erhaltene Bussarde (Buteo vulgaris) zu ähnlichen Beobachtungen benutzt. Meine Voraussetzung, dass wol allen Raubvögeln Sehpurpur zukomme, bewährte sich, denn ich fand die Netzhaut ebenso wie früher die des Falken im Allgemeinen von schwacher, an einigen Stellen von etwas intensiverer streifiger Purpurfarbe, die am Lichte, wie gewöhnlich, erblich. Alle Theile der Netzhaut erschienen darauf sehr schwach oder zweifelhaft gefärbt, obwohl darin mikroskopisch überall farbige Kugeln zu erkennen waren.

Die Retina des einen 10 Tage im Dunkeln gehaltenen Bussards zeigte ausser ziemlich vielen farblosen, rothe, orange und gelbgrüne Zapfenkugeln von mässiger Intensität der Farbe, das Epithel ausser schwarzem Pigment, keine farbigen Bestandtheile, keine Fetttropfen, aber im hinteren Theile der Zellen massenhaft eingelagerte farblose Klümpchen, die sich in Galle lösten. Im Uebrigen war das Protoplasma dieser Zellen nicht sehr glänzend, sehr feinkörnig und nicht streifig.

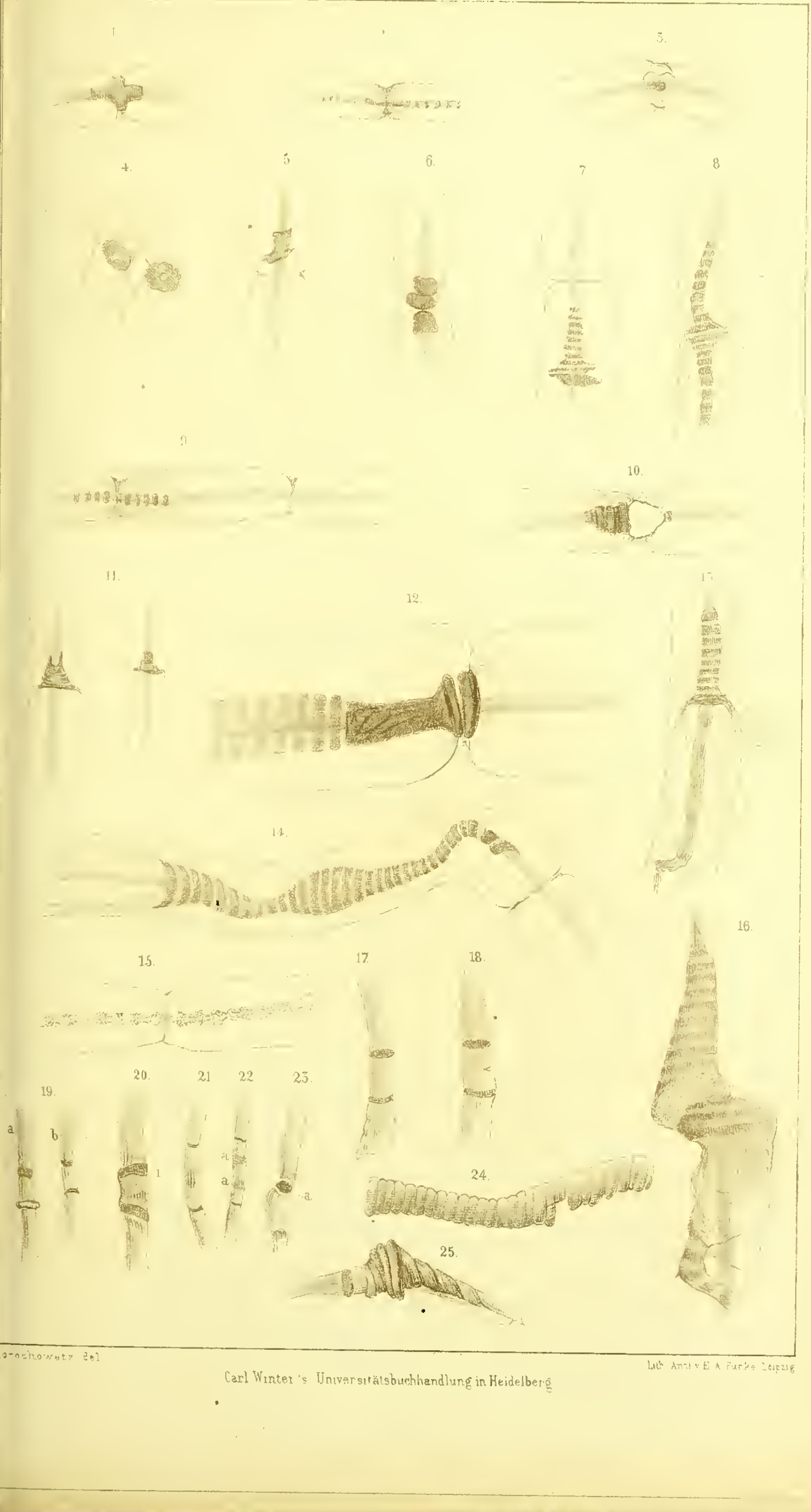
Bei dem 11 Tage im hellsten Lichte gehaltenen Thiere, das am folgenden Tage nach vierstündigem Verweilen im Dunkeln untersucht wurde, fanden sich die rothen Zapfenkugeln so intensiv gefärbt, dass einige fast schwarz oder rothbraun aussahen und die kleineren orangen, meist unmittelbar daneben gelegenen ebenfalls sehr intensiv gefärbt. Dagegen fehlten gelbgrüne Kugeln gänzlich, aber ebenso die farblosen, denn was überhaupt ausser den orange und rothen an Zapfenkugeln zu sehen war, war von zwar blasser, aber entschieden kenntlicher bläulichgrüner Färbung, die auch an einzelnen losgelösten Zapfen, wo von Täuschungen durch Contrast nicht die Rede sein konnte, ganz deutlich hervortrat. Die Zahl dieser Kugeln war begreiflich sehr gross.

Auch das Epithel dieser Netzhaut war von dem des dunkel gehaltenen Bussards sehr verschieden: es enthielt keine Spur der dort gefundenen farblosen in Galle löslichen Klümpchen und war im pigmentfreien Theile sehr glänzend, streifig, etwa wie von Bacterien vollgepfropft aussehend, so dass man noch mehr, als bei der Eule, auf den Gedanken kommen musste, ausgebleichte Pigmentnadeln vor sich zu haben. *W. K.*



Ewald del. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.




Koschowetz del.
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

# Zur Verdauung bei den Krebsen.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

In einer frühern Abhandlung[1]) ist von mir gezeigt, dass bei Astacus fluviatilis und ebenso bei noch andern Arthropoden der Leberauszug wie das natürliche Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält. Der Beweis wurde dadurch geliefert, dass ich das tryptische Enzym durch das peptische in saurer, das peptische durch Digestion in einer 2 procentigen Sodalösung

[1]) Vergleichend physiol. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band II, S. 23.

Die Versuchsanordnung ist in dieser Arbeit, sowie in meiner ersten Mittheilung „Versuche z. vergl. Physiologie etc.“ (Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I, S. 328) ausführlicher beschrieben, so dass hier nur darauf hingewiesen zu werden braucht, dass nicht nur die mit wenigen Fibrinflocken angestellten Verdauungsversuche durch gleichzeitig angestellte Versuche mit den gekochten enzymatischen Auszügen controlirt wurden, sondern dass Controlversuche auch bei der Verdauung grösserer Fibrinmengen niemals unterblieben; denn es unterliegt, wovon auch ich mich wiederholt überzeugen konnte, eine grössere Fibrinmasse in salzsaurer Lösung bei Zusatz von gelösten organischen Substanzen viel eher dem Zerfalle, als eine einzelne Flocke. Die Einwirkung liess ich wie früher bei den fibrinverdauenden Versuchen 1—2 Tage, bei den gekochte Stärke saccharificirenden 2—3 Stunden währen. In der grossen Mehrzahl der Fälle trat ein Erfolg bei der Fibrinverdauung aber weit früher ($^1/_2$—1 Stunde) ein, so dass ein die enzymatische Wirkung erheblich verzögernder Salicylsäure — resp. Thymolzusatz nicht erforderlich war. Zum Nachweis der Diastase dienten wässrige — wie Glycerinauszüge, welche direct und nach vorhergegangener Dialyse zu den Versuchen Verwendung fanden. Dass auch diese Versuche mittelst gleich zubereiteter gekochter Auszüge der Controle unterworfen wurden, braucht kaum erwähnt zu werden.

Eine Temperatur von 38—40° C. erwies sich in allen daraufhin untersuchten Fällen als die geeignetste, und sie wurde desshalb allgemein eingehalten.

bei 38° C.—40° C. vollständig zu zerstören vermochte. Der Beweis, dass sich bei einigen Crustaceen in dem Auszuge und dem Secrete der Leber mindestens zwei eiweissverdauende (ein peptisches und ein tryptisches) Enzyme finden, lässt sich aber auch rein vergleichend physiologisch führen.

Bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis konnte weder durch Ansäuern des Leberglycerinauszuges mit Salzsäure, noch durch Extraction der Lebern dieser Krebse mit 0,2 procentiger HCl eine peptische Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin erzielt werden; in einer Flüssigkeit von 2 pCt. Sodagehalt, wurde aber vom natürlichen Verdauungssafte sowie von dem wässerigen — und Glycerinauszuge der Leber rohes und gekochtes Fibrin sehr bald verdaut. Demnach ist die enzymatische Wirkung des rein tryptisch wirkenden Lebersecretes bei diesen Arten eine wesentlich andere als die des Verdauungssaftes von Astacus fluviatilis.

Während bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis das peptische Enzym ausfällt, tritt bei Homarus vulgaris merkwürdiger Weise das tryptische sehr zurück. In einer Lösung von 0.2 pCt. HCl wirkte das Leberglycerinextract und der im Magen angesammelte Verdauungssaft in wenigen Minuten verdauend auf rohes (selbst nach 3 Tagen, aber nicht auf gekochtes) Fibrin, während dieselbe Menge des Leberglycerinauszuges erst nach etwa 20 Stunden[1]) eine gleich grosse Flocke rohen Fibrins in 2 procentiger nicht thymolisirter Sodalösung verdaut hatte. Auch der natürliche Verdauungssaft, welcher wie das Lebergewebe eine schwach saure Reaction besass, wirkte, auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebracht, im Laufe von 12 Stunden auf rohes Fibrin nicht verdauend ein. Der Mageninhalt

[1]) Fäulnisserscheinungen waren durchaus nicht wahrzunehmen, und der Controlversuch liess keine Veränderung des Fibrins erkennen.

zeigte eine kräftig peptische Wirkung auf rohes Fibrin in 0.2 proc. Salzsäure, 2 und 4 procentiger Essigsäure, 1—4 procentiger Weinsäure und 1—4 procentiger Milchsäure. In Oxalsäurelösungen von 1—4 pCt. fehlte die fibrinverdauende Eigenschaft und sie stellte sich auch dann nicht ein, wenn nach 12stündiger Digestion der oxalsäurehaltigen Verdauungsflüssigkeit bei 38° C. die Oxalsäure durch Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und durch HCl (die Verdauungsflüssigkeit wurde auf 0.2 pCt. ClH gebracht) resp. durch Soda ersetzt wurde. Bei Zusatz von Borsäurelösungen (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) fehlte ebenfalls die eiweissverdauende Wirkung; diese liess sich aber leicht erhalten — selbst nach zweitägiger Digestion einer 4 pCt. Borsäure-haltigen Verdauungsflüssigkeit — wenn ausserdem Milchsäure, Salzsäure, Essigsäure oder Weinsäure zugesetzt wurden. Die Verdauung des gekochten Fibrins in irgend einer der erwähnten Säuren (bei einem Procentgehalte von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0) misslang mir stets.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Energie dieses Pepsins und der Quantität desselben in der Hummerleber zu geben, sei folgender Versuch erwähnt.

Einem halben Liter 0.2 procentiger HCl wurde bei einer constanten Erwärmung von 40° C. so lange rohes, mit der Hand stark ausgepresstes Fibrin zugesetzt, bis die entstandene Gallerte so widerstandsfähig geworden war, dass ein unter dem spitzesten Winkel in dieselbe eingesteckter Glasstab nicht mehr dem Gesetze der Schwere folgte; der Glycerinauszug (10 Gramm) von etwa $^1/_{16}$ Hummerleber wurde hinzugefügt, und nach kaum einer halben Stunde gelang es nicht mehr den in senkrechter Stellung gehaltenen Glasstab in der stark verdauten Masse zu fixiren. Nach zwei Stunden war alles Fibrin vollständig verdaut, und die wässrige Beschaffenheit der Verdauungsflüssigkeit liess nichts von der frühern Gallerte und den grossen Mengen des Fibrins vermuthen, welche sie jetzt im verdauten Zustande ent-

hielt. Gleiche 10 gr. desselben Glycerinauszuges, welcher in so kurzer Zeit grosse Quantitäten von rohem Fibrin in lösliche Substanzen übergeführt hatte, waren nicht im Stande binnen 50 Stunden nur Eine Flocke gekochten Fibrins in 0.2 procentiger Salzsäure peptisch zu verändern. Wohl Niemand, der diese Versuche anstellen wird, kann im Zweifel sein, dass das Pepsin des Hummers (und ebenso verhalten sich nach meinen Untersuchungen die in 0.2 procentiger HCl wirksamen Enzyme aller bis jetzt untersuchten Gliederfüsser) von dem echten Pepsin wesentlich verschieden ist; denn Mengen des letztern, welche so rapide rohes Fibrin verdauen, vermögen in kurzer Zeit auch des gekochten Herr zu werden.

Durch seine Unwirksamkeit in Oxalsäure — (0.5—4.0 pCt.) haltigen Lösungen, durch die reichliche Bildung von Peptonen unterscheidet sich das Homaropepsin — wie das in 0.2 procentiger Salzsäure rohes Fibrin verdauende Pepsin der Arthropoden fernerhin heissen mag — von dem Helicopepsin, durch die Unfähigkeit gekochtes Fibrin in 2 procentiger Essigsäure in eine lösliche Form zu bringen vom Conchopepsin, und durch seine vollständige Wirkungslosigkeit dem gekochten Fibrin gegenüber in Lösungen andrer organischer Säuren von dem in meiner folgenden Arbeit gekennzeichneten Pepsin der Myxomyceten.

Die mittelst des Homaropepsins verdaute Masse einer hinreichend grossen Quantität rohen Fibrins wurde mit NaOH neutralisirt, und der zähe Niederschlag abfiltrirt, um aus dem Filtrate durch Dialyse die Peptone zu erhalten. Dieselben hatten sich reichlich gebildet; denn das Dialysat nahm auf Zusatz von NaOH und $SO_4Cu$ eine röthliche Färbung an und färbte sich beim Erwärmen mit dem *Millon*'schen Reagens intensiv roth. In dem Schlauche aus vegetabilischem Pergamentpapier, welcher zur Dialyse diente, war durch den Austritt des Kochsalzes ein Eiweisskörper unlöslich geworden. Dieser wurde auf einem Filter ge-

sammelt, in Wasser oder 5 procentiger Kochsalzlösung bei 100° C. gelöst und das Filtrat abgekühlt. Es entstand ein weisser Niederschlag, der beim abermaligen Erwärmen verschwand und beim Abkühlen wieder auftrat. In der wässrigen Lösung dieses Eiweisskörpers entstand durch Essigsäure und Ferrocyankalium eine weisse Fällung und auf Zusatz von NaOH und $SO_4Cu$ röthete sie sich in der Kälte wie die Peptone. Einige Tropfen $NO_3H$ riefen in der Kälte einen weissen Niederschlag hervor, welcher beim Erwärmen verschwand, beim Abkühlen abermals auftrat und durch Erwärmen wieder in Lösung gebracht werden konnte. Durch diese Versuche ist die Gegenwart der Hemialbumose unter den Verdauungsproducten hinreichend festgestellt. Auch aus dem Neutralisationspräcipitate der Verdauungsflüssigkeit, welches hauptsächlich aus Antialbumose bestehen dürfte, liess sich noch eine erhebliche Quantität von Hemialbumose durch Auskochen mit einer 5 procentigen Kochsalzlösung gewinnen.

Die Reaction der Speiseballen — am intestinalen Ende des Pylorus noch deutlich sauer — geht beim Hummer während der Wanderung durch den Darm allmählich in eine alkalische über, ohne dass sich aus den Contenten in irgend einem Darmabschnitte ein wässriger oder 2 pCt. Soda haltiger Auszug mit tryptischer Wirkung auf rohes Fibrin gewinnen liesse. Auch von dem Pepsin waren in den Darmcontenten, welche sowohl mit Glycerin, wie mit 0.2 procentiger HCl extrahirt wurden, nur Spuren nachweisbar.

Bei Nephrops norvegicus, welcher zwar nicht wie die übrigen Krebsarten lebend, aber lebensfrisch zur Verfügung stand, liess sich weder durch Extraction des Lebergewebes mit 2 proc. Sodalösung oder Glycerin ein tryptisches Enzym gewinnen, noch wirkte der auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebrachte natürliche Verdauungssaft auf rohes oder gekochtes Fibrin bei 38° C. nach mehreren Tagen verdauend ein. Bei diesem Krebse scheint somit das tryptische Enzym vollständig zu fehlen. Pepsin

enthalten die Extracte der Leber und der Verdauungssaft reichlich, und die Wirkungen auf Fibrin in verschiedenen Säurelösungen weichen von denen des Pepsin beim Hummer nicht ab. Das peptische Enzym lässt sich noch aus den Contenten im Endabschnitte des Darmes durch Extraction mit Wasser gewinnen, während ein tryptisches Enzym auch in diesem Abschnitte des Verdauungsrohres, wo eine alkalische Reaction herrscht, aus den Darmcontenten nicht zu erhalten war. Im Uebrigen scheint ein tryptisches Enzym bei den Arthropoden selten zu fehlen; bei den Mollusken hingegen muss dieses Verhalten, worüber weitere Mittheilungen folgen werden, als Regel gelten.

Der Verdauungssaft und die Leberauszüge von Maja verrucosa und squinado, Palinurus vulgaris und Carcinus maenas enthalten sowohl ein tryptisches wie ein peptisches Enzym, welche bei allen diesen Arten sich in Lösungen von 2 pCt. Soda, 0.2 pCt. HCl, 0.5—4 pCt. Essigsäure, 0.5—4.0 pCt. Oxalsäure, 0.5—4.0 pCt. Weinsäure, und von 0.5—4 pCt. Milchsäure gleich verhalten. In wässriger und 2proc. Sodalösung wird rohes wie gekochtes Fibrin regelmässig sehr bald verdaut und in den sauren Lösungen (ausgenommen die Oxalsäure haltigen Flüssigkeiten, in welchen eine Verdauung nicht zu erzielen war), welche durch entstehende Niederschläge meist stark getrübt sind, bleibt die peptonisirende Wirkung auf rohes Fibrin selten aus. In Ungewissheit bin ich z. Z. noch über die Eigenschaft des peptischen Enzymes in dem Verdauungssafte der Crustaceen dem gekochten Fibrin gegenüber. In meinen früheren Arbeiten ist dieser Punkt fast gar nicht näher erörtert, weil ich es für rathsam erachtete, mich vorerst nach solchen Krebsarten umzusehen, bei denen weniger Enzyme in dem Verdauungssafte vergesellschaftet vorkommen als beim Flusskrebs. Es lässt sich jetzt nur soviel positiv feststellen, dass die Fähigkeit gekochtes Fibrin in essigsaurer (am besten eignet sich zu diesen Versuchen

eine 2proc. Lösung) zu peptonisiren, keine Eigenschaft des peptischen Enzymes ist, welches Fibrin in 0.1—0.2proc. HCl verdaut; denn, wie ich bereits angab, fehlt den Essigsäure-haltigen Auszügen der Nephrops- und Homarusleber, sowie den mit Essigsäure versetzten Verdauungssäften dieser Krebse eine enzymatische Wirkung auf gekochtes Fibrin, welche beim Flusskrebs[1]) und bei Coleopteren, deren Verdauungssaft fast nur ein tryptisch die Eiweissstoffe veränderndes Enzym enthält (z. B. von Hydrophilus piceus), oft sehr rapide eintritt.

Die Frage, ob die Wirkung auf gekochtes Fibrin in essigsaurer Lösung dem Arthropodentrypsin eigenthümlich ist, oder ob sie durch ein drittes eiweissverdauendes Enzym bedingt wird, kann erst dann erfolgreich in Angriff genommen werden, wenn eine hinreichend grosse Anzahl von Arthropoden in dieser Hinsicht untersucht sein wird.

Ein zweiter Punkt, welcher jetzt als klargestellt gelten kann, ist die unsichere Wirkung auf gekochtes Fibrin in schwachen Lösungen organischer Säuren (0.5 pCt.), ausgenommen in Oxalsäure. Auch diese Eigenschaft scheint an das tryptische Enzym der Arthropoden gebunden zu sein; denn die Extracte der Nephrops- und Homaruslebern verdauen selbst rohes Fibrin in Lösungen von 0.5 pCt. Weinsäure, Essigsäure oder Milchsäure sehr langsam und sind den gekochten Eiweisssubstanzen (Fibrin und coagulirtes Eierweiss) gegenüber in diesen Flüssigkeiten ganz unwirksam, während in Lösungen von höheren Concentrationsgraden rohes Fibrin in 1—2 Stunden unter Bildung von Peptonen verdaut wird.

---

[1]) In Folge eines Irrthumes bei der Abschrift steht in meiner Abhandlung „Versuche zur vergl. Physiol. der Verdauung etc.", Unters. aus dem physiol. Institute der Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 331. Zeile 8 von oben „wie gekochtes Fibrin" statt „sowie in 2proc. Essigsäure auch gekochtes Fibrin".

Eine sichere Wirkung in einer 2- und 4proc. Oxalsäurelösung[1]) konnte ich ebenso wenig mittelst der Leberglycerinextracte bei irgend einem dieser Krebse als durch die directe Extraction der Lebern der in dieser Hinsicht untersuchten Arten (Astacus fluviatilis, Homarus vulgaris, Palinurus vulgaris, Maja verrucosa und Carcinus maenas) erhalten. Es besteht in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit den Leberauszügen einiger anderer von mir untersuchten Arthropoden (Periplaneta orientalis, Hydrophilus piceus, Carabus auratus, Melolontha vulgaris).

Das tryptische Enzym aller von mir untersuchten Arthropoden bildet aus den Eiweissstoffen neben Peptonen in reichlicher Menge den durch Bromwasser sich röthenden Körper; Leucin und Tyrosin waren unter den Verdauungsproducten aber nicht nachweisbar.

Was die Reaction des Lebergewebes und des Verdauungssaftes bei diesen Krebsen anbelangt, so fand ich bei Maja squinado in den sechs untersuchten Fällen die der Leber so gut wie neutral, die des Magensaftes und der Contenta des Anfangstheiles vom Darme neutral oder schwach alkalisch. Bei der histologischen Untersuchung erwies sich der Darm von Maja squinado reich an Drüsen, welche nicht wie bei Hydrophilus piceus ausserhalb der Muscularis befindlich und diese mit ihren Ausführungsgängen durchbrechen, sondern direct unter der Mucosa liegen. Ihnen wird, wenn schon der Verlauf der Ausführungsgänge nicht genügend erkannt werden konnte, eine Enzymsecretion kaum abzusprechen sein, da sich ein rohes und gekochtes Fibrin in 2proc. Sodalösung sehr bald tryptisch veränderndes und ein in 0.2proc. HCl-Lösung rohes Fibrin im Laufe von zwei Stunden

---

[1]) Eine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin in schwacher Oxalsäurelösung (0.5—1.0 pCt.) erhielt ich nur bei Carcinus maenas und Maja squinado.

verdauendes peptisches Enzym aus dem wohl gereinigten Darme mit Glycerin extrahiren liess. Der Inhalt des Enddarmes besass stets eine alkalische Beschaffenheit. Bei Carcinus maenas war der Verdauungssaft alkalisch; das Lebergewebe reagirte alkalisch bis sehr schwach sauer. Bei den etwa 30 Exemplaren, die mir von diesen Krebsen zur Verfügung standen, schwankte die Farbe der Leber von schwefelgelb und orange bis zum lehmfarbigen. Diese Differenzen liessen sich weder mit der Grösse, dem Geschlecht der Thiere und der Färbung des Chitinpanzers, noch mit der wechselnden Reaction des Lebergewebes in eine Beziehung bringen. Da auch dieser Krebs vivisecirt wurde, so können diese Farbenunterschiede der Lebern auch auf keine postmortale Veränderung zurückgeführt werden. Der Verdauungssaft im Magen von Maja verrucosa reagirte bald neutral, bald sauer. Ueber die Reaction der Leber und ihres Secretes fehlen mir bei Palinurus vulgaris die Erfahrungen; doch verdient wohl erwähnt zu werden, dass aus den Contenten im Darme bei diesem Krebse (abweichend von den Befunden bei Astacus fluviatilis) sowohl ein tryptisches Enzym durch 2proc. Sodalösung als ein peptisches durch 0.2 pCt. HCl zu extrahiren war. Bei Palinurus vulgaris kann demnach noch im Darme verdaut werden, während beim Flusskrebs nur in dem sogenannten Magen die eiweisshaltige Kost enzymatisch verändert wird. Dass diese Enzyme nicht nothwendig aus der Leber stammen, sondern theilweise auch von Darmdrüsenzellen, wie bei Maja squinado, secernirt werden konnten, zeigt die mikroskopische Untersuchung. Im Zottengewebe sind meist gruppenweise angeordnete Drüsenacini eingebettet, welche sich trichterförmig in die auf dem Rücken der Zotten mündenden Ausführungsgänge fortsetzen. Macht schon der histologische Befund eine secretorische Function dieser Drüsenorgane wahrscheinlich, so lieferte das Experiment den endgiltigen Beweis, dass auch in

der Darmwand eine Secretproduction stattfindet. Aus dem im fliessenden Wasser gewaschenen Darme erhielt ich einen Glycerinauszug, der neben einer diastatischen Wirkung auch die Eigenschaft besass, rohes Fibrin in 2proc. Sodalösung und in 0.2proc. HCl zu verdauen. Demnach können diese Drüsen wohl mit den Mitteldarmdrüsen von Hydrophilus piceus functionell verglichen und die Verdauungsvorgänge bei Palinurus vulgaris und Maja squinado als Bindeglied zwischen der Hydrophilus- und Astacusverdauung angesehen werden.

Bemerkenswerth ist ferner die dicke chitinöse Intima, welche den Darm der Languste bekleidet. Oft erkennt man an ihr noch den Aufbau aus einzelnen Zellen, und es scheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen zu sein, dass nur die intercellularen Räume der Intima eine Resorption ermöglichen.

Das alkoholische Extract der Palinurusleber zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor *B* und etwas vor *E* ein ziemlich dunkeles Absorptionsband von dem etwa $^1/_4$ hinter und $^3/_4$ vor *C* liegen. Andere Absorptionsstreifen waren im alkoholischen Auszuge der Palinuruslebern nicht aufzufinden.

Bei Maja squinado finden sich bekanntlich am Anfangstheile des Darmes einige von der Leber gesonderte Blindsäcke[1]). Mit dem Glycerinextracte der „cœcums pyloriques" erhielt ich eine fibrinverdauende Wirkung sowohl in 0.2 pCt. HCl (peptische Wirkung), als auch in 2proc. Sodalösung (tryptische Wirkung). Die *Trommer*'sche Zuckerprobe gelang aber mit der gekochten Stärkeflüssigkeit nach einer dreistündigen Einwirkung dieses Glycerinauszuges ebensowenig, wie nach Digestion der Stärke mit dem Glycerinextracte der „cœcums postérieurs", welches letztere nur in dieser Beziehung untersucht werden konnte.

---

[1]) Cf. *M. Milne-Edwards.* Histoire naturelle des Crustacés. Pl. IV. Fig. 1. m und n.

Ich werde später, in Bestätigung einer Angabe *Claude Bernard*'s ausführlicher darlegen können, dass in dem Hepatopankreas und dem Pankreas der Fische eine nothwendige Coexistenz, wie sie auf Grund eines geringen Erfahrungsmateriales mir Anfangs wahrscheinlich war, zwischen dem diastatischen und tryptischen Enzyme nicht besteht. Bei den Krebsen bietet sich dieselbe Gelegenheit zu voreiligen Vermuthungen; denn weder mit dem wässrigen wie mit dem Glycerinextracte der Lebern von Homarus und Nephrops, sowie mit dem natürlichen Verdauungssafte des ersteren daraufhin allein untersuchten Krebses konnte ich eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erzielen. Alle von mir auf Diastase[1]) geprüften Lebern der übrigen Krebsarten, bei welchen sich auch ein tryptisches Enzym im Lebergewebe und Verdauungssafte findet, vermögen die Stärke diastatisch zu verändern. Doch findet sich bei diesen Arten die Diastase nicht so reichlich vor wie bei Astacus fluviatilis. Als besonders arm an diesem Enzyme erwies sich das wässrige und das Glycerinextract aus der Leber von Palinurus vulgaris.

Wie in der Classe der Fische[2]) ein oder das andre eiweissverdauende Enzym bei einigen Arten (viele Cypriniden einerseits, einige Muraeniden andrerseits) ausfällt, so auch bei den Krebsen. Sehr viele Mollusken (z. B. Helix pomatia und nemoralis, Fissurella costaria, Cassidaria echinophora, Doris tuberculata, Murex brandaris und trunculus, Haliotis tuberculata; Mytilus edulis, Pinna squamosa, Mactra stultorum var. alba, Lithodomus lithophagus etc. etc.) entbehren vollkommen das tryptische

---

[1]) Sowohl die *Trommer*'sche wie die *Böttcher*'sche Zuckerprobe ergaben für Nephrops und Homarus die Abwesenheit des diastatischen Enzymes in dem nicht der Dialyse unterworfenen Leberglycerinauszuge.

[2]) Vers. z. vergl. Physiol. d. Verdauung mit bes. Berücksichtigung der Verd. b. d. Fischen. Unters. a. d. physiol. Institut der Univ. Heidelberg. Band I, 327.

Enzym, vielen Würmern (z. B. Hermione hystrix, Aphrodite aculeata, Siphonostoma diplochaïtos) fehlt das peptische Enzym, und in keinem Typus der Thiere fügt sich der Verdauungsmodus einem einheitlichen Schema.

## Die Wirkungsfähigkeit der Arthropodenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

(Die dem Kreuze beigesetzten Sternchen bedeuten, dass in der Lösung nicht nur die Verdauung von rohem, sondern auch von gekochtem Fibrin gelang. Wo der Stern fehlt, blieb die Wirkung auf gekochtes Fibrin binnen zwei Tagen aus oder war wenigstens zweifelhaft.)

| | Neutr. wäss. Auszug. | Salzsäure v. 0.1—0.2 %. | Sodalösung v. 1—2 %. | Oxalsäure v. 0.5 %. | Oxalsäure v. 1—2 %. | Oxalsäure v. 4 %. | Weinsäure v. 0.5 %. | Weinsäure v. 1—2 %. | Weinsäure v. 4 %. | Essigsäure v. 0.5 %. | Essigsäure v. 1—2 %. | Essigsäure v. 4 %. | Milchsäure v. 0.5 %. | Milchsäure v. 1—2 %. | Milchsäure v. 4 %. | Diastase. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Squilla mantis . . | +* | 0 | +* | 0 | 0 | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · |
| Nephrops norvegicus | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | · | · | + | + | + | + | + | + | + | 0 |
| Astacus fluviatilis . | +* | + | +* | 0 | 0 | · | + | + | + | +* | +* | +* | + | + | + | + |
| Homarus vulgaris . . | · | + | Spuren | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 |
| Palinurus vulgaris . . | +* | + | +* | 0 | 0 | 0 | + | + | + | +* | +* | +* | + | + | + | + |
| Maja squinado . | +* | + | +* | + | Spur. | 0 | +* | + | + | +* | +* | +* | +* | + | + | + |
| Maja verrucosa . | +* | + | +* | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | · | · | + | + |
| Eriphia spinifrons . | +* | 0 | +* | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · |
| Carcinus mænas . . | +* | + | +* | + | · | · | + | + | + | +* | +* | +* | +* | + | + | + |
| Periplaneta orientalis . | +* | + | +* | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | +* | + | + | + | + | + |
| Carabus auratus . . | +* | + | +* | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Hydrophilus piceus . . . | +* | 0 | +* | 0 | 0 | 0 | + | + | + | +* | +* | +* | + | + | + | + |
| Melolontha vulgaris . . | +* | 0 | +* | 0 | 0 | 0 | · | · | · | ·· | + | · | · | · | · | + |
| Geotrupes sylvaticus . | +* | 0 | +* | · | · | · | · | · | · | · | + | · | · | · | · | + |

# Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

---

Die Befunde von nur peptisch die Eiweisssubstanzen verändernden Enzymen bei vielen Mollusken und Cölenteraten widerlegen ohne Weiteres die Richtigkeit der jüngst mehrfach ausgesprochenen Vermuthung, es möchte die Verdauung bei Wirbellosen durch tryptische Enzyme sich vollziehen. Es hat sich gezeigt, dass z. B. im Körpergewebe der Spongien nur ein auf die Eiweisskörper peptisch wirkendes Enzym vorkommt und dieser Befund führte mich zu den Versuchsreihen, welche im Folgenden niedergelegt sind.

Eine Basis für die functionelle Deutung der Resultate, welche von mir bei den Schwämmen gefunden sind, konnte sich nur aus der Untersuchung der einfachsten organischen Wesen gewinnen lassen. Ich wählte zu meinen Versuchen das Plasmodium von Aethalium septicum, welches Herr Geh.-Rath *Kühne*, wie er mir gütigst mittheilte, bereits mit negativem Erfolge auf Diastase und Trypsin untersucht hatte.

Eine Portion des gelben rahmartigen Plasmodiums, mit Vorsicht rein von dem Substrate (Lohe) abgehoben, wurde 2—3 Tage in einem enghalsigen, verschlossenen Gefässe mit Glycerin extrahirt und daraus ein Filtrat erhalten, welches weder gekochte Stärke bei 38° C. in Zucker umwandelte, noch mit Wasser oder

2 proc. Sodalösung versetzt, rohes oder gekochtes Fibrin bei 24 und 38° C. verdaute. Der Glycerinauszug besass aber eine stark peptische Wirkung auf Eiweisssubstanzen, welche sich in salzsaurer, (0.1 und 0.2 pCt.), milchsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.), weinsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) und essigsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) Lösung kundgab[1]). Aber nicht nur rohes, sondern auch gekochtes Fibrin wird von dem Plasmodiumpepsin in diesen Säuren, falls die Concentration derselben nicht zu schwach ist[2]), verdaut, und zwar bedarf es zu seiner Umwandlung bei geeigneter Temperatur, kaum mehr, als einer 1½mal so langen Einwirkung, welche die des rohen in Anspruch nimmt. Die Rapidität der Wirkung auf rohes Fibrin steht hinter der des Arthropodenpepsins nicht zurück, und der beim Hummer beschriebene[3]) Versuch kann ebenso prägnant mit dem Plasmodiumpepsin angestellt werden. Die rasche Veränderung, welche gekochtes Fibrin durch dieses Pepsin erfährt, findet aber unter den bis jetzt untersuchten peptischen Enzymen aller Evertebratenclassen kein einziges Analogon. Dem Homaropepsin kommt höchstens eine sehr minimale Wirkungsfähigkeit auf gekochte Eiweisskörper zu, das Conchopepsin der Mytilus edulis vermag nur in essigsaurer Lösung dasselbe langsam peptisch zu verändern, und das peptische Enzym von Haliotis tuberculata besitzt ausserdem nur noch eine schwache Einwirkung auf gekochtes Fibrin in Lösungen organischer Säuren von sehr geringer Concentration (0.5 proc. Weinsäure), in welchen das Pepsin von Aethalium auf gekochtes

---

[1]) Alle diese Ergebnisse wurden durch in gleicher Weise zubereitete Gemische, in welchen das Pepsin durch Kochen zerstört war, sichergestellt.

[2]) Gekochtes Fibrin wurde verdaut in 0.1—0.3 proc. HCl, 1.0—4.0 proc. Weinsäure, 1.0—4.0 proc. Milchsäure, 0.5—4.0 proc. Essigsäure. Die Einwirkung verlief sehr schwach, oder blieb während drei Tagen ganz aus in 0.5 proc. Weinsäure und 0.5 proc. Milchsäure.

[3]) Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II, S. 263.

Fibrin so gut wie unwirksam ist. Den peptischen Enzymen der Cölenteraten und Echinodermen geht meinen Untersuchungen gemäss die Fähigkeit, in HCl oder organischen Säuren gekochtes Fibrin zu verdauen, vollständig ab. Von dem ächten Pepsin[1]) unterscheidet sich das Pepsin der Myxomyceten aber dadurch, dass es wie das Homaropepsin und Conchopepsin in 3—4 proc. Oxalsäure unwirksam ist. Dass das Myxomycetenpepsin durch Oxalsäure wirklich zerstört werden kann, und das seine Wirkung in 3—4 proc. Lösungen dieser Säure nicht nur latent geworden, oder, wie es bei Gegenwart von Thymol- und Salicylsäure in den Salzsäurelösungen dieses Enzymes z. B. der Fall zu sein scheint, sehr verzögert ist, wird schon folgende meiner Versuchsreihen lehren. Dieselbe, von Controlversuchen (theils mit den gekochten Flüssigkeiten, theils nur mit den Zusatzflüssigkeiten angestellt, wie es mir für den speciellen Fall am zweckmässigsten schien) begleitet, wurde ausgeführt bei einer constanten Temperatur von 38° C., und die zur Verdauung verwendeten Fibrinflocken hatten alle die gleiche Länge (etwa von einem Zoll) und möglichst dieselbe Dicke und Festigkeit. (S. Tabelle folgende Seite.)

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass ein Zusatz von Salicylsäure (bei einem Gehalte von 0.1 pCt. der Verdauungsflüssigkeit an dieser Säure) die Wirkung des Plasmodiumpepsins verzögert, das Enzym aber nach zweitägiger Einwirkung nicht zerstört, denn nach dem Entfernen derselben durch Dialyse zeigt sich keine Differenz zwischen den Lösungen, welche mit Salicylsäure versetzt und welche davon frei gewesen waren. Auch in einer reinen 0.1 proc. Salicylsäurelösung wurde rohes Fibrin durch das

---

[1]) In 3—4 proc. Oxalsäurelösungen, welche sehr geringe Mengen ächten Pepsins enthalten, wird nach meinen Untersuchungen die Wirkung auf Fibrin zwar auch sehr viel später bemerkbar, als in Oxalsäurelösungen von 0.5 oder 1.0 pCt.; aber die Einwirkung war in den concentrirtern Lösungen nur verlangsamt; nie blieb sie ganz aus, wenn eine Verdauung in 0.5 oder 1.0 proc. Oxalsäure eingetreten war.

## Einfluss der die enzymatische Wirkung[1]) verzögernden Stoffe auf das Plasmodiumpepsin.

(r bedeutet in der Tabelle rohes, g gekochtes Fibrin.)

| Nummer des Versuches. | Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches. | Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches. | Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches. | Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches. | Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 gr. Enzymat. Glycerinextract 15 gr. 0.2%ige HCl. | klar. | r nach 1 Stunde verdaut, g nach 2—3 Stunden verdaut. | 10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10gr. 0.4%ige HCl. | r nach 3 Stunden verdaut. g nach 20 Stunden verdaut. | |
| 2 | 5 gr. Enz. Glycerinextract, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure, 5 gr. 0.4%ige HCl. | klar. | r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5—6 Stunden verdaut. | dito. | dito. | |
| 3 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. Wasser, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure. | trübe. | r nach 12 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden nicht verdaut. | dito. | dito. | |
| 4 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 0.5 gr. 10%ige alkoholische Thymollösung, 15 gr. 0.2%ige HCl. | klar. | r nach 2 Stunden verdaut, g nach 12 Stunden angedaut und nach 36 Stunden vollständ. verdaut. | dito. | r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden stark angedaut und nach 35 Stunden vollständ. verdaut. | Durch den Geruch waren in d. dialysirten Flüssigkeit noch Spuren von Thymol zu erkennen. |

[1]) Nach einer 50stündigen Digestion bei 38° C. der als „primäre" bezeichneten Verdauungsgemische wurden die Säuren resp. das Thymol durch eine 24stündige Dialyse im fliessenden Wasser zu entfernen versucht und 10 gr. der so von den Zusatzstoffen vollständig oder theilweise (Thymol) befreiten Flüssigkeit („secundäres Verdauungsgemisch") mit derselben Menge einer 0.4procentigen HCl versetzt. Die Angabe der Stunden ist nur eine annähernde; denn da die Wirkungsenergie von vielen Factoren abhängig ist, welche als Fehlerquellen nicht zu eliminiren waren, so sah ich vornherein davon ab, die Beobachtungen stündlich vorzunehmen. Ich beobachtete die Wirkung in den ersten 10 Stunden von 2-3, später im Laufe von 6-12 Stunden. War die Fibrinflocke durch Auflösung der weniger resistenten Theile mehr zerfallen als verdaut, so bediente ich mich in obiger Uebersicht der Bezeichnung „angedaut".

| Nummer des Versuches. | Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches. | Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches. | Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches. | Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches. | Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 2 gr. 10%ige alkoh. Thymollösung, 13 gr. 0.2%ige HCl. | sehr trübe. | r nach einigen Stunden verdaut, g nach 48 Stunden stark angedaut. | 10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10gr. 0.4%ige HCl. | r nach 24 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden fast vollkommen verdaut. | Das Thymol war durch die Dialyse nicht vollkommen entfernt; daher die verzögerte Wirkung. |
| 6 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. 4%ige Borsäurelösung 10 gr. 0.2%ige HCl. | klar. | r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5 Stunden verdaut. | dito. | r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden verdaut. | |
| 7 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 12 gr. Wasser. | wenig trübe. | r nach 4 Stunden verdaut, g nach 24 Stunden angedaut. | dito. | r nach 6 Stund. stark angedaut, nach 24 St. vollständ. verdaut. g nach 24 Stunden bis auf einen geringen Rest verdaut. | Wie durch Zusatz v. Kalkw. erkannt wurde, war die Lösung durch Dialyse vollst. oxalsäurefrei geword. |
| 8 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4 /oige Oxalsäurelösung, 12 gr. 0.2%ige HCl. | wenig trübe. | r nach 4 Stunden verdaut, g nach 24 Stunden fast ganz verdaut. | dito. | r nach 24 Stunden vollständig verdaut, g nach 24 Stunden angedaut. | dito. |
| 9 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 7.5 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 7.5 gr. 0.2%ige HCl. | trübe. | r nach 12 Stunden ziemlich vollständig verdaut, g nach 50 Stunden nicht bemerkbar verändert. | dito. | r nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden noch unverdaut. | dito. |
| 10 | 5 gr. Enz. Glycerinextr., 15 gr. 4%ige Oxalsäurelösung. | trübe. | r und g nach 50 Stunden sichtlich unverändert. | dito. | ı nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden unverdaut. | dito. |

Plasmodiumpepsin verdaut. Das Thymol wird wahrscheinlich ebenso wie die Salicylsäure wirken, und die verlangsamte Wirkung nach vorhergegangener Dialyse wird wohl vorzugsweise auf den dialytisch nicht entfernten Rest des Thymols zu beziehen sein, wenn schon der Alkohol, in dem das Thymol gelöst war, für sich etwas verzögernd auf den Verdauungsvorgang einwirken muss.

In Borsäurelösungen (0.5 bis 4.0 pCt.), ohne Zusatz einer andern Säure, war das Plasmodiumpepsin unwirksam; die Borsäure, als solche, verzögert die Wirkung desselben kaum, in einer salzsäurehaltigen 1 proc. Borsäurelösung wird die eintretende geringe Verzögerung auf die höhere Concentration des Verdauungsgemisches zurückgeführt werden müssen. In einer 0.5 proc. reinen Oxalsäurelösung verdaut das Plasmodiumpepsin rohes wie gekochtes Fibrin, wennschon die Wirkung auf letzteres sehr verlangsamt ist; diese Verzögerung wird durch einen Salzsäuregehalt von 0.1—0.2 pCt. nicht beseitigt, doch etwas gemindert. In einer 1- oder 2 proc. Oxalsäurelösung ist das Plasmodiumpepsin dem Fibrin gegenüber nicht ganz unwirksam; doch bedarf es dazu noch wirksamerer Lösungen, als die, welche zu dieser Versuchsreihe verwendet wurden. Nie gelang es mir aber mittelst des Glycerinauszuges eine Wirkung in einer 4 proc. Oxalsäure zu erzielen, und aus den Versuchen auf vorstehender Tabelle ergibt sich schon genügend, dass in Oxalsäurelösungen von stärkerer Concentration (über 1 pCt.) die Wirkung des Plasmodiumpepsins nicht nur verlangsamt ist, sondern dass das Enzym selbst zerstört wird. So lassen sich nur die Resultate mit den secundären Verdauungsgemischen, welche durch Dialyse oxalsäurefrei erhalten wurden, erklären. Nach einer achttägigen Digestion von 5 grm. Plasmodiumglycerin mit 10 grm. 4 proc. Oxalsäure bei 38° C. erwies sich ebenfalls das Verdauungsgemisch, nachdem auf dialytischem Wege die Oxalsäure entfernt und die Verdauungsflüssigkeit auf einen Gehalt an 0.1 pCt. HCl gebracht war, dem Fibrin gegenüber als unwirksam, während die gleiche mit 10 grm. 0.2 proc. HCl versetzte Menge des Glycerinextractes durch dieselbe Behandlung keineswegs ihre Wirksamkeit verloren hatte.

Hiernach kann das Pepsin von Aethalium, wie das Conchopepsin, durch Oxalsäure vernichtet werden; aber der zerstörende Einfluss der Oxalsäure macht sich entschieden viel allmählicher

geltend, als bei dem Conchopepsin. Bei geringer Concentration der Oxalsäurelösung oder bei einem grossen Enzymgehalte der Verdauungsflüssigkeit ermöglicht die Oxalsäure jedoch die Wirksamkeit des Plasmodiumpepsins und des Conchopepsins, wie jede andere von mir daraufhin untersuchte organische Säure.

Unter den Verdauungsproducten, in welche das Plasmodiumpepsin rohes Fibrin in einer 0.2proc. HCl umwandelte, liessen sich nach den angegebenen Methoden und Reactionen Peptone und Hemialbumose nachweisen; letztere hatte sich so reichlich gebildet, dass sie noch aus dem zähen Neutralisationspräcipitate, welches wohl vorwiegend aus Antialbumose bestand, durch Auskochen mit einer 5proc. Kochsalzlösung gewonnen werden konnte.

Die Wirkung des Plasmodiumpepsins verläuft bei 38 und 40° C. energischer, als bei 20 und 12° C.[1]. Auf rohes Fibrin ist keine grosse Verschiedenheit der Wirkungsenergie zwischen 40 und 20° C. zu constatiren, wohl aber zeigt sich dieselbe bei 12° C. erheblich geschwächt. Das gekochte Fibrin, welches bei so energisch wirkenden Enzymen stets zu derartigen Versuchen vorzugsweise verwendet werden sollte, wurde bei 38° C. aber ungleich rascher verdaut, als bei 20° C., und erst nach fast drei Tagen war bei einer Temperatur von 12° C. die Verdauung bis zu dem Punkte vorgeschritten, welcher bei 38° C. in wenigen Stunden erreicht wurde.

Die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction ist nicht die einzige, mittelst welcher sich das Pepsin aus Aethalium gewinnen lässt; mit HCl kann man dieses Enzym auch direct aus dem Plasmodium extrahiren. Das Plasmodium wird zu diesem Zwecke mit einer 0.2proc. HCl verrieben und nach einigen Stun-

---

[1]) Die Versuche wurden ausgeführt mit Verdauungsgemischen, welche aus 4 grm. Plasmodiumglycerin und 10 grm. 0.4proc. HCl bestanden.

den auf's Filter gebracht. Das Filtrat zeigt sich wegen des im Plasmodium enthaltenen kohlensauren Kalkes meist neutral, und ein Zusatz der gleichen Quantität 0.4proc. HCl bringt die Lösung auf den frühern Säuregrad zurück. Die so erhaltene enzymatische Flüssigkeit steht in ihrer Wirksamkeit kaum hinter der des Glycerinextractes zurück. Auch durch die directe Behandlung des Plasmodiums mit 4proc. Essigsäure, Milchsäure und Weinsäure lässt sich das Pepsin in Lösung bringen. Eine Extraction des Plasmodiums mit 4proc. Oxalsäure, von der ein grosser Theil sofort an Kalk gebunden wurde, ergab aber auch hier nur wechselnde Resultate.

Dass ich von der Methode der directen Extraction keinen ausgedehnteren Gebrauch gemacht habe, sondern meist mit den Glycerinauszügen operirte, findet in dem grossen Gehalte des Plasmodiums an Calciumcarbonat seine Begründung. Dieser erschwert die Anfertigung der Lösungen von bestimmtem Säuregrade ungemein, welcher Unsicherheit man durch die Glycerinextraction, deren anderweitige Nachtheile durch die positiven Erfolge der directen Extraction vollständig beseitigt sein dürften, glücklich enthoben ist.

Wurde das Fett, die Extractivstoffe etc. durch Alkohol und Aether vor der Extraction mit Glycerin oder Säuren sorgfältig entfernt, so erhielt ich aus dem weissen Plasmodiumpulver zwar ebenfalls eine verdauende Flüssigkeit, doch weniger wirksam, als die aus dem frischen A e t h a l i u m durch Ausziehen mit Glycerin oder Säuren gewonnene. Die Vermuthung, es möchte der Alkohol grössere Mengen des Enzymes ausziehen, hat sich aber nicht als richtig bewährt. Der Alkohol, mit dem ein grosses Quantum frischen Plasmodiums übergossen und mehrere Tage extrahirt war, hinterliess, als er bei 30° C. bis 34° C. eingedampft wurde, einen Rückstand, aus welchem durch directes Ausziehen mit 0.2proc. HCl, 4proc. Essigsäure oder Glycerin, peptisch sehr

wenig wirksame Lösungen[1]) zu erhalten waren. Möglich ist es, dass ein Theil des Enzyms unter gewissen Verhältnissen durch den Alkohol unlöslich gemacht oder zerstört werden kann. Versetzte ich den Salzsäureauszug des frischen Plasmodiums bei neutraler Reaction mit Alkohol, so entstand ein reichlicher Niederschlag, welcher sich sehr bald absetzte und auf einem Filter gesammelt wurde. Er löste sich zum grössern Theile leicht in 0.2 proc. HCl und Glycerin. Diese Lösungen hatten eine starke peptische Wirksamkeit und nennenswerthe Mengen schienen mir durch die Behandlung mit Alkohol nicht verloren gegangen zu sein.

Eine zweistündige Erwärmung von 65° C. macht die wirksamsten Lösungen des Aethaliumpepsins unwirksam. Eine eintägige Digestion bei 40° C. in 2 proc. Sodalösung zerstört gleichfalls das Enzym, während es einer achttägigen Einwirkung[2]) von Trypsin in neutraler Lösung bei 39—40° C. widersteht.

Von dem Aethalium, welches sich noch frisch auf der Eichenlohe befand, hatten einige Portionen stellenweise weniger eine Orangefarbe, sondern erschienen mehr schwefelgelb und waren an der Oberfläche bisweilen von dunkelrothen Zügen durchsetzt. Um zu entscheiden, welches von beiden, das orangefarbige, oder das mehr schwefelgelbe Aethalium, das meiste Pepsin ent-

---

[1]) Es bedurfte im günstigsten Falle einer Zeit von 20 Stunden, bis eine Flocke rohen Fibrins in 0.2 proc. HCl verdaut war. Diese sehr geringen Mengen des vom Alkohol aufgenommenen Enzymes erklären nicht annähernd die geringe Wirksamkeit des Glycerin- oder Salzsäureauszuges von dem vorher mit Alkohol behandelten Plasmodium.

[2]) Während dieser Zeit erhielt sich das weder mit Thymol, noch mit Salicylsäure (Spuren von Salicylsäure, welche von der Trypsingewinnung durch Selbstverdauung herrührten waren freilich noch vorhanden) versetzte Enzymgemisch merkwürdig fäulnissfrei und neutral. Das Trypsin hatte trotz der langen Digestion kaum etwas von seiner Wirksamkeit eingebüsst; wenige Minuten genügten, um in dieser Flüssigkeit Fibrin tryptisch (auch auf Zusatz von Soda trat diese rapide Wirkung ein) unter Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers zu verdauen.

halte, wurden von jedem 25 grm. in je einem verschlossenen Gefässe mit 100 grm. 0.2proc. HCl übergossen und andere 25 grm. von beiden Plasmodiumsorten, jede für sich mit 50 grm. Glycerin, ebenso der Extraction überlassen. Nach drei Tagen wurden die Auszüge filtrirt und von jedem 10 grm. mit der gleichen Menge einer 0.4proc. HCl versetzt. Es zeigte sich kein Unterschied in der Wirkungsenergie zwischen den Auszügen, welche aus dem schwefelgelben und dem orangefarbigen Aethalium dargestellt waren, und in beiden dürften somit dieselben Mengen von Pepsin enthalten sein. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen wird das Plasmodium von Aethalium nicht selten tief dunkelgrün, und in diesem veränderten Zustande ist sein Pepsingehalt, wie eine der soeben mitgetheilten analoge Versuchsreihe ergab, nur ein sehr geringer.

Die Frage, ob dem Pepsin eine functionelle Bedeutung für das Myxomycetenplasmodium zukommt, konnte durch Reactionen bisher nicht entschieden werden. Ich finde weder die frische noch die eben abgestorbene, weder die junge noch die üppig wuchernde Masse von deutlich saurer Reaction, sondern stets alkalisch oder neutral; ein relativ bedeutender Säuregrad ist aber erforderlich, um das Pepsin wirkungsfähig zu machen. Ob Kohlensäureentbindungen eine Wirkung ermöglichen können, wird näher zu untersuchen sein. Rohes Fibrin in, auf oder unter den kräftig vegetirenden Plasmodiumrahm gebracht, war nach vier Tagen noch unverändert; jede Andeutung einer eingetretenen peptischen Verdauung fehlte.

Der grosse Fettgehalt des Myxomycetenplasmodiums führte mich dazu, das Plasmodiumpepsin auf eine etwa vorhandene Löslichkeit in fetten Oelen zu prüfen. Das Plasmodium wurde successive mit kleinen Portionen von vorher zum Sieden erhitztem und darauf abgekühltem Mandelöl verrieben und nach zwei Tagen auf ein krauses Filter gebracht. Aus dem Filtrate wurde mit

Gummi arabicum unter Zusatz einer 0.2 procentigen Salzsäure eine Emulsion bereitet, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. nach drei Tagen keine Einwirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin äusserte. Durch directe Behandlung des vorher mit Oel ausgezogenen Plasmodiums mit 0.2 procentiger HCl liess sich noch eine sehr energische Wirkung nicht nur auf rohes, sondern auch auf gekochtes Fibrin erzielen. Falls das Pepsin unter Umständen, indem sich z. B. local Säuren bilden könnten, im Plasmodium wirkungsfähig werden kann, mag die Durchtränkung mit Oel das letztere in nicht geringem Grade vor einer Selbstverdauung schützen.

---

Aus dem frischen Eigelb vom Huhne lässt sich weder durch Glycerin, noch durch die wässrige Extraction auf directem Wege oder aus der mit Alkohol und Aether entfetteten rein weiss gewordenen Dottermasse ein gekochte Stärke saccharificirendes oder rohes Fibrin in alkalischer und neutraler Lösung verdauendes Enzym gewinnen. Der Glycerinauszug enthält nur ein Pepsin, in seinen Eigenschaften, wie es scheint, abweichend von dem echten Pepsin, dem Plasmodium-, Concho- und Helicopepsin, sich nähernd dem Homaropepsin, doch auch mit diesem kaum identisch.

Schwierig ist es, dasselbe in grösserer Menge zu erhalten, da eine directe Extraction, welche stets sehr trübe, durch Filtration ohne Beseitigung des Enzyms nicht zu klärende Lösungen liefert, nur zu negativen oder wenigstens zu zweifelhaften Resultaten führt. Klare Lösungen lassen sich zwar aus dem mit Alkohol und Aether behandelten Dotter durch Extraction mit Glycerin oder 0.2 procentiger HCl leicht gewinnen, doch sind auch diese so wenig wirksam, dass ich zur Feststellung einiger Eigenschaften lediglich auf die directe Extraction des Dotters mit Glycerin angewiesen blieb. Auf Zusatz von 0.4 procentiger HCl zum gleichen Volumen des Dotterglycerinauszuges entsteht

keine Trübung, und die im Dotterglycerin meist vorhandene wird durch den Säurezusatz beseitigt. In diesem Verdauungsgemische wird rohes Fibrin bei 38—40° C. in wenigen Stunden verdaut, gekochtes zeigte sich aber noch nach drei Tagen unverändert. Bei der Anwendung von organischen Säuren als Zusatzflüssigkeiten erhielt ich folgende Resultate, welche durch Controlversuche gestützt wurden. In Essigsäurelösungen von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt., in Milchsäure- und Weinsäurelösungen von gleicher Concentration, sowie in 0.5 und einprocentiger Oxalsäure wurde rohes Fibrin von dem Dotterpepsin im Laufe von 5—6 Stunden verdaut. In einer 4 proc. Oxalsäure enthaltenden Verdauungsflüssigkeit erwies sich das Dotterpepsin nach drei Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin. Der Nachweis einer Zerstörung dieses Enzyms durch eine vierprocentige Oxalsäure hat z. Z. mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil die Oxalsäure zweckmässig nur dialytisch, in Gemeinschaft mit den die Eiweissstoffe in Lösung haltenden Salzen zu entfernen ist. Die stark getrübte dialysirte Flüssigkeit war durch Säure- (0.4 pCt. HCl) und Salzzusatz nicht wieder vollständig zu klären und eignete sich in Folge dessen wenig zu weiteren Verdauungsversuchen. Ich möchte desshalb nicht auf den negativen Befund einer enzymatischen Wirkung hin, welchen ich mit diesem secundären Verdauungsgemische erhalten habe, die Zerstörbarkeit des Dotterpepsins durch Oxalsäure entschieden wissen.

Während die Verdauung von gekochtem Fibrin mir mittelst des Dotterglycerinauszuges in keiner der angegebenen organischen Säuren und in 0.1 — 0.2 procentiger Salzsäure gelang, werden grosse Portionen rohen Fibrins auch von diesem peptischen Enzyme sehr bald verdaut. 10 grm. Dotterglycerin einem halben Liter steifer Fibringallerte zugesetzt, führen bei 40° C. sehr bald die Verflüssigung der Masse und im Laufe von 10 Stunden die vollständige Verdauung des Fibrins herbei. Unter den Ver-

dauungsproducten finden sich regelmässig Peptome; sehr beträchtlich ist der in der verdauten Masse entstehende Neutralisationsniederschlag. Da grössere Mengen Fibrins in salzsaurer Lösung auf Zusatz von gekochtem Dotterextracte sich verhältnissmässig schnell verflüssigen, so ist es durchaus nothwendig, die Ergebnisse, welche mit den ungekochten peptisch wirkenden Dotterglycerinauszügen erhalten werden, durch entsprechende Begleitversuche, in welchen das Enzym durch Kochen zerstört wurde, zu controliren. Ich habe Versuchsreihen in dieser Weise wiederholt ausgeführt und das Resultat mit den ungekochten Dotterauszügen ist ein so auffälliges und so verschieden von dem der Versuche, bei welchen das Enzym zerstört wurde, dass Niemand im Zweifel sein kann, welches von beiden die ungekochte und welches die gekochte Probe ist. Bei Anwendung weniger Fibrinflocken tritt eine Verflüssigung auf Zusatz des gekochten Dotterextractes nicht leicht ein; doch habe ich auch diese Versuche durch analoge Controlversuche zu stützen für nöthig befunden und sie bei den angegebenen Daten nie versäumt.

Die Wirkung des Dotterpepsins verläuft bei 38—40° C. ungleich energischer als bei 20° C., und bei 12.5° C. wurde die Fibrinflocke in drei Tagen nicht sichtlich mehr verändert.

Salicylsäure und Thymol (den salzsauren Verdauungsgemischen zugesetzt) verzögern die Wirkung sehr erheblich. In einer Flüssigkeit, welche neben 0.2 pCt. HCl 0.1 pCt. Salicylsäure enthielt, war die Fibrinverdauung erst nach zwei Tagen bemerkbar, und in reiner 0.2 procentiger Salicylsäure blieb sie während fünf Tage ganz aus. Ebenso wurde die Fibrinflocke in einer schwach thymolisirten Lösung (bei einem Gehalte von 0.2 pCt. an Thymol) erst in zwei Tagen verdaut, bei einem Thymolgehalt von ein pCt. zeigte sie sich aber noch nach fünf Tagen unverändert.

Ein Rückblick auf die Wirkungen, welche das Dotterpepsin

äusserte, lässt es zwar nicht unmöglich erscheinen, dass es sich hier um geringe Mengen echten Pepsins handelt. Diese Möglichkeit ist um so weniger von der Hand zu weisen, seitdem ich mich durch Versuche überzeugen konnte, dass echtes Pepsin (aus Schweinemagen dargestellt) in einer 2—4 procentigen Oxalsäurelösung langsamer auf rohes Fibrin wirkt als in einer Flüssigkeit, welche nur 0.5 oder 1% von dieser Säure enthält. Unsere Extractionsmethoden sind jedoch zu unvollkommen, als dass irgendwie Aussicht vorhanden wäre, grössere Mengen des Enzyms von den störenden Eiweisssubstanzen zu reinigen und concentrirtere enzymatische Lösungen, als sie die directe Glycerinextraction liefert, herzustellen. Bis zum Gelingen der Darstellung einer concentrirteren Enzymlösung, kann die echte Pepsinnatur dieses Enzymes jedoch nur als eine Möglichkeit gelten, wenn schon diese Möglichkeit, wie ich annehmen muss, zugleich recht gross ist.

Anhaltspunkte für eine functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes im Eidotter liessen sich hier ebensowenig gewinnen, als bei dem Myxomycetenplasmodium.

# Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus dem Bojanus'schen Organe von Pinna squamosa. Gm.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

In dem weitmaschigen Gewebe der *Bojanus*'schen Drüse von Pinna squamosa finden sich schwarze Concretionen von wechselnder Grösse und schaligem Baue, nicht unähnlich den Corpora amylacea und den Concrementen im Leuchtorgane der Lampyriden.

Es lassen sich dieselben durch Auspinseln des Gewebes leicht isoliren und durch wiederholtes Schlämmen von den beigemengten Gewebsfragmenten vollständig reinigen.

Schon *Schlossberger* [1]) hat eine qualitative Analyse dieser Concretionen von Pinna nobilis ausgeführt, und seine Angaben über die Löslichkeit und über das Verhalten derselben höheren Temperaturen gegenüber sind auch für die analogen Gebilde von Pinna squamosa [2]) zutreffend. Die elementare Zusammensetzung weicht von seinen Befunden aber bedeutend ab.

Um dieselbe zu ermitteln, behandelte ich die Concremente aus den *Bojanus*'schen Organen von vier grossen Steckmuscheln mit warmer HCl, durch welche sie bis auf einen geringen

[1]) *Schlossberger*, Annalen der Chemie und Pharmacie. 1856. Bd. 98. S. 356.

[2]) Die Thiere verschaffte ich mir vom Fischmarkte zu Triest.

organischen Rückstand gelöst wurden. Die saure Lösung enthielt keine durch $SH_2$ fällbare Körper; ein starker Niederschlag, reich an organischen Substanzen, entstand aber nach vorhergegangenem Alkalisiren auf Zusatz von Schwefelammonium. Das Präcipitat wurde zur Entfernung der organischen Substanzen geglüht, und die Asche durch HCl in Lösung gebracht. In der Flüssigkeit waren weder durch Rhodankalium, noch durch Kaliumeisencyanür oder Kaliumeisencyanid erheblichere Mengen von Eisen nachzuweisen und auch in der direct angefertigten salzsauren Lösung der veraschten Concremente gelang mir durch diese Reagentien der Nachweis des Eisens nicht. Die Prüfung auf Eisen in der Asche stellte ich in der Weise an, dass vier kleine Porzellantiegel etwa mit 3 grm. sog. reinster, mit dem zweifachen Volum Wasser verdünnter HCl gefüllt wurden. In zwei Tiegeln wurde die HCl mit einer Lösung von Ferrocyankalium, in den beiden andern mit Rhodankaliumlösung versetzt. So war der Eisengehalt der HCl durch schwache Färbungen bereits indicirt und eine Lösung geschaffen, in welcher der constante Eisengehalt der Säure die Prüfung auf einen Eisengehalt der Asche nicht beeinträchtigte. Der einen mit Ferrocyankalium, sowie der andern mit Rhodankalium versetzten Salzsäureportion wurden die Aschen von mehreren Concrementen zugesetzt; die beiden andern Salzsäureportionen dienten zur Controle. Bei directem Zusatz der Aschen entstanden in dem Salzsäuregemische keine rothe resp. blaue Schlieren, wie ich sie mit Blut- oder Tabaksasche leicht erhalten konnte. Obgleich sich die Asche der Concremente sehr bald gelöst hatte, war keine Zunahme der Farbenintensität in den Salzsäuregemischen in Folge des Aschenzusatzes nach Stunden wahrzunehmen. Auch eine besonders angefertigte Salzsäurelösung der Asche steigerte die Farbenintensität der genannten sauren Gemische nicht.

Nach *Schlossberger* enthält die Asche der Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna nobilis reichliche Mengen

von $Fe_2O_3$, doch fehlt in seiner Abhandlung jede Notiz darüber, ob er sich von der Gegenwart des Eisens durch Reactionen näher überzeugt hat. Was die Asche schwach röthlich färbt, ist in den von mir untersuchten Concretionen kein Eisen, sondern Mangan, von welchem ansehnliche Mengen darin vorhanden sind. Die intensiv smaragdgrüne Färbung der Schmelze mit Soda, welche schon wenige Körnchen der Asche hervorrufen, die Amethystfarbe der Phosphorsalzperle, die bekannte Verfärbung des Schwefelammonniederschlages an der Luft lassen keinen Zweifel an dem reichen Mangangehalte dieser Concretionen aufkommen. Ausserdem finde ich in der Asche ziemlich viel Magnesia, aber nur Spuren von Kalk. Beim Erwärmen mit NaOH entwickelt sich aus den Concrementen $NH_3$, welches durch die bei Gegenwart von HCl entstehenden Salmiaknebel erkannt wurde.

Von Säuren finde ich nur Phosphorsäure (in der salpetersauren Lösung nachgewiesen durch molybdänsaures Ammon), obgleich auch auf Schwefelsäure und Salzsäure geprüft wurde. Es ist mir wahrscheinlich, dass die Säure vorzugsweise mit Mg und $NH_3$ verbunden, als $PO_4$ $(NH_4)$ Mg in den Concrementen vorkommt.

Wie andere Seethiere und viele Seepflanzen die Fähigkeit besitzen, das Jod und Brom des Meerwassers in sich aufzuspeichern, wie sich im Blute höherer Thiere bemerkenswerthe Mengen von Eisen anhäufen, und das Kupfer in den Federn der Bananenfresser festgehalten wird, so besitzt das Gewebe des *Bojanus*'-schen Organes von Pinna squamosa die merkwürdige Eigenschaft, das Mangan des Meeres, gereinigt von den eisenhaltigen Beimengungen, zu sammeln und in seinem Secrete zu fixiren.

# Zur Dünndarmverdauung.

Von

Dr. med. **A. Masloff**
(aus Russland).

---

Die vorliegende Arbeit enthält Resultate von Versuchen über die Wirkung des Dünndarmsaftes, die mittelst zweierlei Methoden gewonnen sind: erstens habe ich mit dem Schleimhautextracte, das künstlich aus dem herausgeschnittenen Dünndarme hergestellt war, experimentirt, zweitens mit dem natürlichen Dünndarmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln. Ehe ich zu den Versuchen und deren Resultaten übergehe, muss ich die verschiedenen von mir gebrauchten Methoden zur künstlichen Isolirung der Dünndarmenzyme erwähnen.

## Methoden zur Isolirung der Dünndarmenzyme.

Zu diesem Zwecke wurden immer Hunde, die 1—3 Tage gehungert hatten, benutzt.

Erste Methode. Gleich nach dem Tode wurde der Dünndarm herausgenommen und mit einem starken Strahle aus der Wasserleitung 5—10 Minuten lang, ohne das Darmrohr aufzuschlitzen, gewaschen, bis das ausfliessende Wasser vollständig farblos war, wozu die angegebene Zeit von 10 Min. vollständig ausreichte. Dann wurde der so gewaschene Darm aufgeschnitten, noch einmal ausgewaschen und die Mucosa sammt der Submucosa bis auf die Muscularis abgeschabt. Das Durchlassen des Wasserstrahles, sowie das Auswaschen nach dem Aufschlitzen vermag jedoch nicht die Schleimhaut vollständig zu reinigen.

Immer war sie von Galle stark gelb gefärbt, und dieser Umstand, sowie die noch zu erörternde Anwesenheit von Pepsin und Trypsin, liessen den Schluss ziehen, dass sie sich nicht mittelst dieser Methode reinigen und dass die Enzyme sich nicht vollkommen isoliren lassen. Das Abschaben geschah folgender Massen: der aufgeschlitzte und ausgewaschene, auf einen Teller gelegte Darm wurde mit einer scharfkantigen Glasplatte gegen den Teller angedrückt, wobei er so lag, dass die Serosa nach unten, die Mucosa gegen die scharfe Kante der Glasplatte gerichtet waren. Indem ich den Darm zwischen dem Teller und der Glasplatte durchzog, bekam ich beliebig dicke Schichten der Mucosa, je nach dem angewendeten Drucke.

Mittelst dieses Verfahrens geht das Abschaben sehr leicht und rasch vor sich. Die so abgelöste Mucosa kam gleich in ein Glas mit absolutem Alkohol und wurde damit 24 Stunden lang stehen gelassen, dann der Alkohol abfiltrirt und die Mucosa 24 Stunden mit Aether extrahirt, der Aether abfiltrirt und die so von Fetten befreite Masse mit Salicylsäure von 2 p. m. versetzt und 24 Stunden darin liegen gelassen. Das Salicylsäure enthaltende Filtrat wurde bei 37—40° C. auf einem Wasserbade abgedunstet. Der Rückstand sollte das Dünndarmenzym nebst geringen Eiweissmengen darstellen. Eingedunstet stellte es eine dunkelbraune schmierige Masse dar, die sich sehr leicht vom Teller abschaben liess. Für einen Versuch brauchte man nur ein etwa erbsengrosses Stückchen, das sich sehr leicht im Wasser löste. Da aber die auf solche Weise gewonnene Masse fast gar keine Wirkung auf Fibrin besass und nur diastatische Eigenschaften zeigte, so bin ich von diesem Verfahren vollständig abgekommen und habe auf den Rath des Herrn Geh.-Rath *Kühne* die folgende Methode benutzt:

Diese zweite Methode bestand darin, dass die auf oben erwähnte Weise ausgewaschene Schleimhaut gleich mit 1/2 pCt.

Sodalösung, der $^1/_2$ pCt. Thymol zugesetzt war, 1 Stunde bei 37° C. digerirt, dann die Lösung abfiltrirt und das Filtrat zu den Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Dritte Methode. Die Mucosa wurde sofort nach dem Abschaben, ohne Alkohol- und Aether-Behandlung in $^2/_{1000}$ Salicylsäurelösung gebracht, 24 Stunden damit stehen gelassen, abfiltrirt und das Infus zu Verdauungsversuchen gebraucht.

Vierte Methode. Die Mucosa wurde mit Alkohol und Aether behandelt, dann getrocknet, pulverisirt und in Pulverform aufbewahrt.

Die fünfte Methode ist von mir am meisten gebraucht worden. Sie bestand darin, dass die Dünndarmschleimhaut gleich nach dem Abschaben mit Wasser, dem $^1/_2$ pCt. Thymol in feiner Vertheilung zugesetzt worden (etwa 300 ccm. auf die Schleimhaut eines mittelgrossen Hundes), 2 Stunden lang unter stetem Umrühren bei 37—40° C. extrahirt, das Extract abfiltrirt und dieses zu Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Die sechste Methode ist die von *v. Wittich*, welche darauf beruht, dass sich die thierischen Enzyme leicht in mässig concentrirtem Glycerin langsam und ohne Fäulniss lösen. Das nähere Verfahren war dieses: die von mehreren (6) Hunden gesammelten Schleimhäute wurden sämmtlich sofort nach dem Tode des Thieres abgeschabt, mit Alkohol und Aether extrahirt, dann mit reinem Sande zerrieben, mit Glycerin im Ueberschuss versetzt und damit mehrere Wochen stehen gelassen. Dadurch entstand eine breiige Masse, die durch einen Spitzbeutel gepresst, später durch Papier filtrirt wurde. Das Filtrat tröpfelte direct in ein hohes Standglas mit Alkohol. Der flockige Niederschlag, der hiebei entstand, brauchte einen ganzen Tag in der Kälte, um sich zu Boden zu setzen. Der Alkohol wurde theils abgegossen, theils abfiltrirt und das Enzym bei 30—35° C. getrocknet; es gab eine graubräunliche, lederartige Masse, die zum Pul-

ver verrieben und in dieser Form in Wasser suspendirt zu Versuchen angewendet wurde. Das Pulver löste sich im Wasser nicht vollständig auf, sondern es blieb immer am Boden des Probirröhrchens ein ungelöster Rückstand.

## Versuche.

Die Versuche mit dem Enzyme, das sich nach den erwähnten Methoden darstellen liess, habe ich alle in folgender Weise angestellt: a) Wenn das Enzym in Lösung war, nahm ich gewöhnlich zu einem jeden Versuche in ein Probirgläschen 5 ccm. von dieser Lösung. b) Wenn das Enzym die Form einer breiartigen schmierigen Masse hatte (erste Methode) oder in Form eines Pulvers, so löste ich ein erbsengrosses Stückchen, oder suspendirte das Pulver in 5 ccm. destillirten Wassers, und machte dann je nach Bedürfniss die wässerige Lösung sauer mit einigen Tropfen Milchsäure oder Salzsäure, so dass sie davon 1 p. m. enthielt, oder alkalisch mit $^1/_2$ pCt. Sodalösung. In letzterem Falle wurde immer Thymol zugefügt. Für Verdauungsversuche habe ich die gewöhnlichen Probirröhrchen von mittlerer Grösse und Breite gebraucht, die mit einem Baumwollenpfropfen zugestopft waren, ehe sie in den Brütofen kamen, damit die Versuche, die meist 24 Stunden und darüber dauerten, nicht durch das Eindringen des Staubes oder der niederen, die Zersetzung namentlich von Stärke begünstigenden Organismen, gestört wurden. Zu demselben Zwecke kam noch über sämmtliche Probirgläser, die im Brütofen standen, eine glockenartige Decke aus Blech. Der Ofen selbst bestand aus zwei Blechcylindern, die ineinander gingen und zwischen welche man das auf 37—40° C. erwärmte Wasser brachte. Im inneren Cylinder befand sich ein Gestell für die Probirgläser. Am Boden desselben unter dem Gestell und den Probirgläsern war etwas Sand aufgestreut, damit die Gläser beim Einsetzen nicht litten.

Das Wasser in ihm war von derselben Temperatur (37—40° C.), wie das zwischen ihm und dem äusseren. Die constante Temperatur wurde mittelst einer kleinen, leuchtenden, von einem Schornsteine umgebenen Gasflamme unterhalten. Der innere Cylinder wurde mit der oben erwähnten Decke, die ein Loch zum Einführen des Thermometers besass, zugedeckt.

Als Criterium über die Wirkung des Enzymes, diente das Quellen und dann der allmähliche Zerfall des zur Probe benutzten Fibrinflöckchens und die Untersuchung auf Peptone. Um den Zucker in den Stärkeproben nachzuweisen, bediente ich mich immer der Trommer'schen Probe.

## Resultate der Versuche.

Nach der ersten Methode sind von mir die Enzyme des Hundedünndarmes und des Schweines dargestellt worden. a) Vom Hunde. Es wurden dazu immer Thiere gebraucht, die 1—3 Tage gehungert hatten. Die Versuche mit deren Enzymen ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, weder bei neutraler noch bei saurer oder alkalischer Reaction der Lösung. Dagegen ging die Zuckerbildung in den Stärkeproben immer ziemlich energisch vor sich, und man konnte z. B. schon nach 20—30 Minuten Zucker in den neutralen und alkalischen Proben nachweisen; die sauer reagirende gab nie irgend eine Zuckerreaction, was auf einem von der Säure bewirkten Hindernisse beruhen dürfte. Diese mit der Beobachtung anderer Forscher z. B. von *Paschutin* übereinstimmende Erfahrung konnte ich auch weiter bei auf andere Weise dargestellten Enzymen machen. b) Beim Schweine. Ich kam darauf Schweinedünndärme zu meinen Versuchen zu benützen, weil die Schweine bekanntlich einen sehr langen Dünndarm besitzen. Leider aber war es mir unmöglich, einen frischen gleich nach dem Tode des Thieres herausgenommenen Darm so schnell zu bekommen, wie ich wünschte, und so sind

Versuche, die ich damit angestellt habe, von geringerer Sicherheit, obgleich ich bemerken muss, dass die Enzyme genau dieselben Resultate gaben, wie die vom Hunde.

Nach der zweiten Methode wurde die Schleimhaut selbst mit Fibrin und mit Stärke versetzt. Wie früher bekam man hiermit schon nach 30 Minuten in alkalischen und neutralen Lösungen aus Stärke Zucker, in den sauren dagegen nicht. Auf das Fibrin äusserte nur die saure Lösung ($^2/_{1000}$ HCl.) eine ganz unbedeutende erst nach 3 Stunden zu bemerkende Wirkung. Die Controlproben mit gekochten Lösungen ergaben weder saccharificirende, noch peptische Wirkungen.

Nach der dritten Methode. Das Infusum, das durch diese Methode gewonnen war, wurde auch so verwendet, dass eine saure, alkalische und neutrale Probe gemacht wurden, und ebenfalls gekochte Controlproben von demselben Infusum mit Stärkekleister und Fibrin versetzt wurden. Die Resultate waren dieselben, wie bei der zweiten Methode.

Nach der vierten Methode sind die Resultate verschieden, je nachdem ich dazu die Schleimhaut eines Hundes, der 3 Tage gehungert hatte, oder eines, der in voller Verdauung begriffen war, anwendete. Die Versuche mit dem Materiale des ersteren ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, mit dem des zweiten dagegen eine entschiedene, sogar bei neutraler Reaction.

Nach der fünften Methode. Die Dünndarmmucosa eines Hundes, der 6 Tage gehungert hatte, wurde, wie schon oben erwähnt ist, gleich nach dem Tode abgeschabt und in eine $^1/_2$ proc. Thymolmischung mit Wasser gelegt, und damit 2 Stunden unter häufigem Umrühren bei 37—40° C. extrahirt. So bekam ich 300 ccm. alkalisch reagirenden Extractes. Die hiermit erhaltenen Resultate waren folgende: die nicht gekochte, angesäuerte Probe wirkte am stärksten auf das Fibrinflöckchen, jedoch sehr langsam, da der vollständige Zerfall des Flöckchens

erst nach 23 Stunden eintrat. In der gekochten Probe war nach derselben Zeit nur Quellung eingetreten. Ob in der sauren Probe sog. „Darmpeptone“ entstanden waren, konnte nicht untersucht werden, wegen der geringen Quantität des zum Versuche verbrauchten und überhaupt in Lösung gehenden Fibrins, dann aber auch, weil das Extract schon an und für sich alle Peptonreactionen gab. Was die Wirkung auf Stärke betrifft, so ist sie ausser Zweifel, und zwar am bedeutendsten bei alkalischer Reaction, d. h. mit dem Extracte für sich ohne Zusatz von Säure, deren Anwesenheit die Bildung des Zuckers hindert. Die gekochten Controlproben zeigten keine Wirkung, weder auf das Fibrin, noch auf die Stärke (selbst nach 7 Stunden nicht). b) Ausser der Dünndarmschleimhaut der Hunde hatte ich noch Gelegenheit, die ganz frische Dünndarmschleimhaut eines Affen (Macacus cynomolgus) zu untersuchen. Das Extract aus diesem Dünndarme habe ich nach der Methode 5 dargestellt. Die Versuche sind in folgender Weise ausgeführt worden: für eine jede Probe kamen 10 ccm. Extract in Verwendung. Die Proben waren ohne Zusatz alkalisch, ausserdem neutral und sauer. Die Controlproben waren gekocht. Proben mit Fibrin gaben folgendes: in der sauren, nicht gekochten ist das Fibrin schon nach 10 Minuten stark aufgequollen; nach 5 Stunden vollständig zerfallen. Hierbei muss bemerkt werden, dass beim Zusatze von HCl im Extracte eine Trübung entstand, die abfiltrirt wurde, so dass das Fibrinflöckchen in einer durchsichtigeren schwach opalescirenden Flüssigkeit lag. Die gekochte Probe zeigte keine Wirkung auf Fibrin; dagegen zerfielen die Fibrinflocken in den alkalischen und neutralen nach einigen Stunden. Die Proben mit Stärke und dem Extracte, wie es war, ehe es vom eben erwähnten Niederschlage abfiltrirt worden, zeigten die Anwesenheit des Zuckers schon nach wenigen Minuten, während die gesäuerte und filtrirte Probe garnicht, nach dem Neutralisiren

kaum auf Stärke wirkte; das diastatische Enzym wird also von dem Niederschlage niedergerissen. Die erwähnte Wirkung der filtrirten Lösung auf Fibrin hing dagegen von solchen Enzymen ab, welche wie das Trypsin oder Pepsin nicht so leicht an solchen Fällungen haften.

Nach der sechsten Methode habe ich entweder das einfach getrocknete und dann im Wasser aufgelöste Enzym, oder dessen abfiltrirte Glycerinlösung zu Versuchen gebraucht. Die Wasserlösung auf $^1/_{1000}$ HCl. gebracht, zeigte auch nach Tage langem Stehen keine Wirkung auf das Fibrin; bei der Anwendung von $^2/_{1000}$ HCl war das Fibrin schon nach wenigen Stunden zerfallen. Die neutralen und alkalischen Fibrinproben blieben nach Tage langem Stehen im Brütofen unverändert. Die Stärkeproben zeigten schon nach 10—20 Minuten Zucker. Die gekochten Controlproben blieben, wie gewöhnlich, ohne jede Wirkung. — Da sich das Pulver aber nicht vollständig löste, sondern immer etwas davon im Wasser ungelöst blieb, so versuchte ich den Rest mit einer 0,3 proc. Sodalösung in Lösung zu bringen. Da sich die so erhaltene Flüssigkeit wirkungslos erwies, so digerirte ich den oben erwähnten Rest 2 Tage bei 37—40° C., aber auch dieses Verfahren blieb vergeblich. Mit Wasser und 10 Tropfen HCl ($^1/_{1000}$) 2 Tage lang bei gewöhnlicher Zimmertemperatur gestanden, hatte sich von ihm auch nicht viel aufgelöst und das Filtrat davon besass keine verdauenden Eigenschaften. Die Glycerinlösung reagirte neutral. Bei saurer, alkalischer, wie auch neutraler Reaction übte sie keine Wirkung auf das Fibrin. Zucker dagegen wurde in den alkalischen, neutralen und schwach sauren Proben schon nach 10 Minuten gefunden. — Stärkere HCl von 0,1 pCt. hinderte die Zuckerbildung. Die gekochten Proben zeigten auch hier keine peptischen und diastatischen Eigenschaften.

Wenn wir jetzt einen Ueberblick über das oben Gesagte

halten und es kurz zusammenfassen, so lautet derselbe wie folgt: 1) Alle sechs zur Darstellung der Dünndarmenzyme befolgten Methoden leiden an dem Fehler, dass durch keine von ihnen die Enzyme allein für sich darstellbar oder aus der Schleimhaut extrahirbar sind. — Alle damit gewonnenen Resultate, gleich denen früherer Untersucher sind also nicht beweisend genug, da die Schleimhaut der zur Darstellung der besonderen Darmenzyme gebrauchten Hunde, gleichviel ob sie 3 oder 6 Tage gehungert hatten, immer mit Galle imprägnirt gewesen und kein Auswaschen im Stande war, die Färbung fortzubringen. Die Gallenfarbstoffe gingen dann in die Extracte über, worin man sie erkennen konnte; wo aber Galle gefunden wurde, konnten auch kleine Beimischungen von Trypsin aus dem Pankreas und Pepsin aus dem Magen, die weniger auffällig waren und deren Wirkung auf Rechnung des Dünndarmenzyms gesetzt wurde, vorkommen. 2) Das Fibrin in Berührung mit dem Extracte des Dünndarmes gebracht kommt nur in Anwesenheit von Säure zum Quellen und zerfällt. Hier ist ausser der Säure eine Enzymwirkung sicher, aber vielleicht nicht eines Darmenzyms, sondern eines oberflächlichen an der Schleimhaut haftenden Pepsins, das aus dem Magen stammen kann. Da in einigen Fällen wenigstens schwache Fibrinverdauung bei neutraler und alkalischer Lösung vorhanden war, so ist hier an das dem Darme ebenso fremde zurückgehaltene Trypsin des Pankreas zu denken.

3) Die Stärke wird am schnellsten bei der alkalischen Reaction gespalten, etwas langsamer bei neutraler und schwach saurer. Die stark saure Reaction von 2. p. m. HCl wirkt hindernd auf die Zuckerbildung. Alles das stimmt mit dem Verhalten des Ptyalins, wie des pankreatischen Zuckerbildners überein.

Weitere Untersuchungen über die Dünndarmverdauung habe ich mit dem Darmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln angestellt. Ehe

ich darüber berichte, möchte ich einen interessanten Versuch erwähnen, der streng genommen, zwischen den Versuchen mit künstlichem und denen mit reinem Darmsafte steht. Es ist nämlich der Versuch mit dem Safte aus einer nach *A. Moreau*'s Verfahren mittelst Durchschneidung der Darmnerven gefüllten Darmschlinge. Die Schlinge war 24 Stunden vor Wiedereröffnung angelegt worden und nach dieser Zeit ziemlich schwach mit Saft gefüllt. Derselbe besass eine opalescirende weingelbe Färbung und enthielt zahlreiche weisslich-gelbe Flocken. Der Saft reagirte alkalisch. Weil seine Quantität eine sehr geringe war, versetzte ich ihn mit 50 ccm. $^1/_2$procentigem Thymolwasser und unter seiner Einwirkung sind auf die oben mehrfach wiederholte Weise Versuche angestellt, die zu folgenden Resultaten führten: in der sauren Probe war das Fibrin nach 5 Stunden schon vollständig zerfallen; die neutrale und alkalische Probe wirkten etwas langsamer. — Die gekochten Proben waren sämmtlich unwirksam. Stärke zeigte folgendes Verhalten: in der neutral reagirenden und alkalischen Probe hatte sich früher Zucker gebildet, während derselbe in der sauren erst später nachzuweisen war.

---

Zwei Hunde mit *Thiry*'scher Fistel waren zu meiner Verfügung. Das Operationsverfahren bei Anlegung derselben war das von *Thiry* angegebene, auch mit der von ihm angegebenen Modification zur Vermeidung des Prolapsus an der Fistel, indem das Bauchende des isolirten Darmstückes durch einen Längsschnitt gespalten und dann mittelst Schnürstiefelnaht verengt wurde. Dadurch war der Fisteleingang nach seiner Einheilung in die Bauchwunde so eng geworden, dass das Stäbchen des *Leube*'schen Apparates, welches nicht dicker als ein gewöhnlicher Gänsefederkiel war, mit Mühe hineinging. Etwa 4 Wochen

nach der Operation wurde der Hund Nr. 1 zu Versuchen gebraucht. Obwohl die Fistel schon nach 14 Tagen vollständig in die Bauchwunde eingeheilt war, so eiterte der Fisteleingang doch noch etwas, was das Sammeln des Saftes nicht erlaubte. Gewöhnlich sah die Schleimhaut der Fistel blassroth und trocken aus. Sie secernirte nur, wenn sie auf irgend eine Weise gereizt wurde, z. B. durch Einführen eines Glasstäbchens oder, wenn der Hund in Verdauung begriffen war.

Der Dünndarmsaft reagirte stets alkalisch. Er hatte einen eigenthümlichen aromatischen Geruch, sah weingelb, undurchsichtig und schwach opalescirend aus. Fast ein Drittel von der ganzen jedesmal gewonnenen Menge bestand aus weisslichgelben Flocken, die unter dem Mikroskope wie ein Conglomerat von sog. Schleimkörperchen aussahen. Aus einem solchen isolirten Dünndarmstücke wurde der Saft mittelst des von *Leube* angegebenen Apparates gewonnen. Das obere Ende des daran befestigten Glasstabes lag in der Fistel und übte einen beständigen mässigen Reiz auf die Schleimhaut des Darmes aus. So bekam ich durchschnittlich in einer Stunde 1,0—2,0 ccm. Saft der oben erwähnten Eigenschaften. Da diese Menge unconstant und dabei zu gering war, so gewann ich ihn gewöhnlich durch Reizung mit mässigen Inductionsschlägen. Im nüchternen Zustande sonderte das isolirte Darmstück keinen Saft ab; wenigstens konnte ich nach stundenlangem Beobachten keinen einzigen Tropfen aus der Fistel herauskommen sehen, wenn sie vorsichtig geöffnet wurde. Die Absonderung wurde überhaupt durch den Reiz eingeleitet. Um beim Sammeln des Saftes möglichst wenig zu verlieren, bediente ich mich des genannten *Leube*'schen Apparates auch zum Elektrisiren, mit der kleinen Modification, dass anstatt des verticalen Stäbchens eine Glasröhre von derselben Dicke angesetzt wurde, durch deren ganze Länge ein Leitungsdraht ging, der an seinem Ende, um die Schleimhaut nicht zu

kratzen, mit einem Schwämmchen versehen wurde. Somit war eine Elektrode direct in die Fistel, die andere unweit von ihrer Bauchöffnung am Bauche angebracht. Der Darmsaft lief direct in das Probirgläschen unter dem Trichter hinein. Die Absonderung bei elektrischer Reizung betrug fast das Doppelte, wie nach mechanischer Reizung. Die Reizung wurde eine Stunde lang fortgesetzt, wobei je drei Minuten nach zwei Minuten Pause gereizt wurde. Nach einer Stunde schien die Schleimhaut so ermüdet, dass die Absonderung sich merklich verminderte. Interessant ist die Thatsache, dass zuweilen bei schwacher elektrischer Reizung ein dickflüssiger, bei starker ein dünnflüssiger Saft auslief. Injectionen von HCl von 0,4 pCt steigerten auch die Darmsaftsecretion. Dann brachte ich dem Hunde in den Mund alle 10 Minuten kleine Quantitäten von Aether, was indess keinen Einfluss hatte. Endlich injicirte ich demselben Hunde subcutan 1 gr. des Alkohol- und Wasserauszuges von Joborandiblättern mittelst einer *Pravaz*'schen Spritze. Da das Präparat unrein war (es enthielt viel harzige, im Wasser unlösliche Bestandtheile), so zeigten sich auch die Injectionen von keiner beständigen Wirkung. Desswegen spritzte ich dem Thiere das Pilocarpinum muriaticum (das wirkende Princip der Joborandiblätter) ein, dessen Wirkung auf die Absonderung ganz eclatant war. Der Hund bekam in eine Hautvene zuerst 0,01 Pilocarpin. muriat. in 1,0 Aq. dest.; nach 4 Minuten kam der erste Tropfen und dann ging die Absonderung kolossal rasch vor sich. Die gesammte Quantität vom Hunde Nr. 1 betrug in zwei Stunden 40 ccm. Beim Hunde Nr. 2, welcher 0,005 Pilocarpin. muriatic. in 0,5 Aq. dest. zur Injection bekommen, begann die Absonderung erst nach 2 Minuten und ergab in einer Stunde und 40 Minuten 9 ccm. Saftes. Der Saft dieses letzteren zu den Verdauungsversuchen wegen Vereiterung der Fistel gewöhnlich nicht benutzten Hundes war dünnflüssig, etwas stärker als normal roth tingirt, enthielt

nicht nur Schleimflocken, sondern auch ganze Stücke von Dünndarmschleimhaut; unter dem Mikroskope konnte man sehr deutlich den Bau der Schleimhaut und der *Lieberkühn*'schen Drüsen erkennen. Ueberhaupt hatte der Saft nicht mehr den Charakter des normalen Darmsaftes, sondern glich mehr einer Transudationsflüssigkeit. — Gleichzeitig mit der Absonderung des Saftes wurde nach dem Pilocarpin auch Urin gelassen, Koth entleert, viel Speichel abgesondert und erbrochen und zwar in der genannten Reihenfolge. Die verdauenden Eigenschaften dieses Saftes waren nicht gross: weder saure noch alkalische oder neutrale Proben zeigten eine nennenswerthe Wirkung auf das Fibrin. Stärke dagegen wurde in alkalischen und neutralen Proben schon nach 30 Minuten in Zucker umgewandelt. Das eben Gesagte gilt von dem Safte beider Hunde. Der auf mechanische Reizung gewonnene Saft hatte die bekannten Eigenschaften des normalen Dünndarmsaftes. Das Fibrin löste sich in ihm unter allmählichem Aufquellen auf, aber sehr langsam, nur bei saurer Reaction erst nach 24 Stunden und unvollkommen. — Die alkalischen und neutralen Proben haben nie (obwohl ich mehr als 100 Versuche angestellt habe) irgend eine merkliche Wirkung auf das Fibrin geäussert, wenn die Fäulniss durch Spuren von Thymol verhindert worden. Um sicher zu sein, dass die bei saurer Lösung vorhandene Wirkung nicht allein von der Salzsäure abhängt, habe ich immer gleichzeitig auch Proben mit reiner HCl derselben Verdünnung angestellt und wohl das Aufquellen des Fibrins, nie aber das völlige Auflösen auch nicht nach viel längerer Zeit als im Dünndarmsafte gesehen. Da man aber weiss, dass manche Gemische, die organische und andere Stoffe enthalten, bei den hier in Frage kommenden schwachen Säuregraden Fibrin leichter angreifen, als die verdünnte reine Säure, so wurde kein Versuch ohne Controle mit einer gleich gesäuerten aber vorher gekochten Saftprobe angestellt und diese ergab immer, dass der Saft die

Wirkung auf Fibrin bei 100$^0$ verlor. Die Proben mit Stärke gaben meist nach 30 Minuten bis 1 Stunde constant Zucker; zugefügte Salzsäure verzögerte ganz entschieden diesen Process. Die alkalische Reaction des Saftes schien die Umwandlung der Stärke in den Zucker zu begünstigen. Ausserdem habe ich noch Verdauungsversuche mit rohem und gekochtem Fleisch und mit gekochtem Hühnereiweiss angestellt. Zu diesem Zwecke wurden nur ganz kleine längliche Stückchen Fleisch genommen, damit man an ihnen die geringsten Veränderungen wahrnehmen könnte. Diese sämmtlichen Versuche ergaben negative Resultate, d. h. ich konnte nie irgend welche Veränderungen an den Stückchen wahrnehmen, und in der Flüssigkeit keine Peptone finden. Das gekochte Hühnereiweiss wurde in Form kleiner Würfel oder Plättchen gebraucht, damit man an den Rändern bemerkte, ob sie corrodirt würden oder nicht. Ich fand auch nach 24 Stunden nicht die geringste Veränderung an ihnen. Die Wirkung des Saftes auf die Fette habe ich keine Gelegenheit zu untersuchen gehabt.

Wie gross die Umwandlungsfähigkeit innerhalb des Dünndarmes war und wie rasch sie sich manifestirte, konnte ich aus folgendem Versuche schliessen: ich injicirte mehrere Male 10 Gramm dünnen Stärkekleisters direct in die Fistel des Hundes I, hielt die Fistel mit meinem Finger zu, indem der Hund auf einer Seite gebunden lag, und fand in der nach 10 Minuten herausgelassenen Flüssigkeit Zucker. Einige Male sah ich schon nach 4 Minuten Zucker im Kleister aus der Fistel treten. Auch Fibrin habe ich versucht direct in die Fistel zu bringen, um es dort der Verdauung und Resorption zu überlassen. — Nach 2 ½ Stunden wurde das Fibrin unverändert aus der Fistel herausgezogen und nach dem Trocknen und Wägen stellte sich nicht eine Verminderung, sondern eine Vermehrung des Gewichtes heraus. Hierbei muss noch bemerkt werden, dass die Peristaltik des Darmes so stark war, dass man

das Tüllbeutelchen mit dem Fibrin fast alle 5 Minuten wieder hinein schieben musste, was mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, da der Fisteleingang sehr eng war, und beim Einführen des Fibrins leicht verletzt wurde und blutete; der Hund spannte dann wieder seine Bauchpresse an, so dass das Fibrin herausdrang. Diese Umstände haben mich bewogen den Versuch nicht mehr zu wiederholen.

Es erübrigt mir jetzt noch das Gesagte sowohl über die Wirkung des künstlichen als des natürlichen Dünndarmsaftes zusammenzufassen.

1) Man kann auf verschiedene Weisen den Dünndarmsaft und Dünndarmenzyme gewinnen. Die Methoden dazu sind: erstens das Anlegen einer *Thiry*'schen Fistel, zweitens die oben besprochenen 6 Methoden der Extraction von Dünndarmschleimhaut.

2) Die Wirkung des reinen Darmsaftes aus *Thiry*'schen Fisteln ist der Wirkung der auf künstlichem Wege dargestellten Dünndarmenzyme fast gleich.

3) Ihre Wirkung besteht darin, dass das rohe Fibrin bei saurer Reaction verdaut, und aus der Stärke Zucker, am schnellsten bei alkalischer Reaction, wird. Stark saure Reaction hindert die Zuckerbildung. Die gekochten Proben hatten niemals eine Wirkung weder auf Stärke, noch auf Fibrin gezeigt. Auf das gekochte und rohe Fleisch und auf gekochtes Hühnereiweiss zeigte der Saft aus *Thiry*'schen Fisteln keine Wirkung.

4) Da aber die Fibrinverdauung durch angesäuerten Dünndarmsaft, wenn man sie mit der erstaunlich raschen Wirkung des Magensaftes oder des Pankreassaftes vergleicht, nur sehr langsam geschieht und wenn man gleichzeitig die kolossale Resorptionsfähigkeit des Dünndarmes in Betracht zieht, so ist wohl der Schluss zu ziehen erlaubt, dass die eigentliche Rolle des Dünndarmes nicht in einer Speisenumwandlung in einen resorptionsfähigeren Zustand, son-

dern fast ausschliesslich in der Resorption der durch andere Säfte schon in diesen Zustand versetzten Nahrung besteht.

Meine Resultate weichen in manchen Punkten von denen der früheren Beobachter ab. Ich war ausser Stande, im natürlichen Darmsafte ein in neutraler oder alkalischer Lösung Eiweiss verdauendes Enzym zu finden. Dann konnte ich die saccharificirende Wirkung des Darmsaftes bei allen meinen Versuchen constatiren.

Der erstere negative Befund widerspricht den Angaben vieler Beobachter, vor allem denen *Thiry*'s. Ich meine jedoch, dass man diese in neuerer Zeit mit Recht zu bezweifeln beginnt, denn es kann Niemandem die Unzuverlässigkeit solcher lange währender Verdauungen in schwach alkalischen Lösungen, die auffälliger Weise nur auf rohes Fibrin wirken sollen, entgehen, da der Geruch und das Mikroskop jedesmal auf Fäulniss und Bacterien weisen, wenn das Fibrin zerfällt. *Thiry*'s Versuche mit dem vermeintlich isolirten specifischen Darmenzyme sind diesem Einwande nicht weniger unterworfen, während die meinigen, welche die Fäulniss in alkalischer Lösung durch den Thymolzusatz ausschlossen, nur dem Einwande ausgesetzt sind, dass das Thymol das fragliche Enzym an seiner Wirkung hindere, wofür es unter sämmtlichen bekannten Enzymen kein einziges Analogon gibt. Das angebliche Darmenzym müsste ausserdem noch eine Menge anderer, mit denen keiner anderen Substanz ähnlicher Art übereinstimmender Eigenschaften haben, da es Niemanden bisher gelungen ist, aus der Darmschleimhaut einen Körper oder ein Extract von jenem dem Succus entericus zugeschriebenen besonderen Verdauungsvermögen zu erhalten, was meine mit den neueren Methoden angestellten Versuche nur bestätigen. Findet sich in der Schleimhaut ein neben Thymol in nicht saurer Lösung verdauender Körper, so ist es jedesmal Trypsin, wie aus der Violetfärbung der Probe mit Br oder Cl leicht zu ersehen ist, und dieser ist

charakteristischer Weise im Darme hungernder Thiere nicht oder kaum, im Safte der Darmfistel nie enthalten.

Das Verhalten des mit HCl gesäuerten Fistelsaftes gegen Fibrin zeigt dagegen Pepsin als eines der natürlichen Absonderungsproducte des Darmepithels an, so lange diese Reaction unter Berücksichtigung der Peptonbildung für hinreichend zum Nachweise dieses Enzymes gehalten wird. Die Thatsache ist um so weniger auffällig, als kleine Pepsinmengen von *Grützner* u. A. schon in den Cylinderzellen der Pylorusdrüsen und der *Brunner*'schen Drüsen, und Spuren von Pepsin fast in allen Säften und Geweben von *Brücke* und *Kühne* gefunden sind.

Das saccharificirende Enzym endlich wurde im unvermischten Darmsafte von den früheren Beobachtern ebenso oft vermisst, als gefunden, so dass an individuelle Verschiedenheiten oder solche der Race bei den Hunden zu denken wäre.

Schliesslich erlaube ich mir noch, dem Herrn Geh.-Rath *Kühne*, in dessen Laboratorium diese Arbeit ausgeführt wurde, meinen Dank auszusprechen. —

# Zur Degeneration durchschnittener Nerven.

Von

Dr. **Th. Rumpf.**

Die neuen Gesichtspunkte, die sich einerseits aus der genaueren Erkenntniss der Scheiden der Nervenfaser, andererseits aus dem Studium der chemischen Natur des Axencylinders und speciell aus der Löslichkeit desselben in Lymphe nach vorhergehender Aufquellung ergaben, mussten dazu führen, das Verhalten einzelner Theile der Nervenfaser bei der Degeneration einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Durch Verwendung der von *Ewald* und *Kühne*, sowie von mir systematisch geübten Entmarkung versprachen diese Untersuchungen auch über das Verhalten des Axencylinders, als des wichtigsten Theiles der Nervenfaser, Aufklärung, über dessen Verbleiben oder Verschwinden bei der Degeneration trotz der vielen diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten eine Einigung unter den verschiedenen Forschern nicht erzielt ist.

Am meisten berücksichtigen die seitherigen Untersuchungen das Verhalten des Nervenmarkes. In dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven soll dieses mehr oder weniger verändert der Resorption anheimfallen, während der nicht resorbirte Rest, in der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen, lange Zeit persistire.

Ausser diesen Veränderungen des Markes sollen nach *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration auch einzelne Theile der von ihnen nachgewiesenen Umhüllungen des Markes, der hornführenden Scheiden sichtbar werden. Beide Forscher benutzten ausser andern

Methoden auch die Degeneration zur Darstellung dieser Gebilde. *Tizzoni*[1]) konnte das Sichtbarwerden derselben nach Nervendurchschneidungen bestätigen. Die ausser diesen Erscheinungen in den Markhüllen auftretenden Veränderungen beziehen sich vor Allem auf eine beträchtliche Vermehrung der Kerne und des Bindegewebes.

Die meisten dieser Beobachtungen wurden an dem peripheren Stücke durchschnittener Nerven gemacht und im Allgemeinen auf eine mit der Trennung vom Centralorgane wegfallende Erregung oder Ernährung bezogen, bis *Engelmann*[2]) nachwies, dass in den ersten Tagen nach der Durchschneidung auch in einem kleinen Stücke des centralen Endes derselbe Entartungsvorgang ablaufe, wie in dem peripheren. Dieser Vorgang soll nach *Engelmann* von der Schnittstelle aus sowohl in centripetaler als in centrifugaler Richtung, jedoch nur bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe gehen und mit dem eigentlichen Degenerationsprocesse nichts zu thun haben. *Engelmann* fasst ihn als ein von diesem zu trennendes und nur durch die Durchschneidung bedingtes Absterben der sogenannten, durch den Schnürring angeblich begrenzten Nervenzelle auf. Derselben Ansicht, dass es sich bei diesen kurz nach der Durchschneidung auftretenden Veränderungen nicht um den eigentlichen Degenerationsprocess handle, ist *Colasanti*[3]). Er glaubt den Vorgang als „traumatische Veränderung der Nervenstrecken" bezeichnen zu müssen, während *Korybatt-Daszkiewicz*[4]) denselben als entzündliche Degeneration der nachfolgenden paralytischen gegenüber stellt.

Die Beobachtungen von *Engelmann* und *Colasanti* beziehen

---

[1]) Med. Centralblatt 1878, Nr. 13.

[2]) *Pflüger*'s Archiv. Bd. XIII.

[3]) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1878, III u. IV.

[4]) Ueber die Degeneration und Regeneration der markhaltigen Nerven. Diss. Strassburg 1878.

sich wesentlich auf das Nervenmark und wurden nach 1—3 Tagen gemacht; *Korybatt-Daszkiewicz* hat auch die einige Stunden nach der Operation auftretenden Erscheinungen untersucht und hier eine Quellung des Nervenmarkes sowohl als des Axencylinders gefunden. Der hiervon zu trennende eigentliche Degenerationsprocess soll im ganzen Verlaufe der abgetrennten Faser unabhängig von der Entfernung vom Centrum gleichzeitig anheben.

Einen Unterschied zwischen sensibeln und motorischen Fasern will *Colasanti* nicht bemerkt haben. Zu seinen Versuchen benutzte er das Meerschweinchen. Von andern Forschern wurde hauptsächlich der Frosch verwendet. Von den Säugern unterscheidet sich dieser wesentlich dadurch, dass der degenerative Process bei ihm viel langsamer verläuft und zum vollständigen Ablauf meist Wochen bedarf. Doch lassen sich eine Reihe von Erscheinungen bei ihm auf das trefflichste verfolgen.

Wir beginnen desshalb mit den Degenerationserscheinungen am Frosch.

Am einfachsten wird der Nervus ischiadicus benutzt, den man leicht am Oberschenkel aufsuchen kann. Um die Einmischung von etwaigen Regenerationsvorgängen zu vermeiden, wurde von den meisten Forschern ein kleines wenige Millimeter langes Stück des Nerven gleichzeitig herausgeschnitten, ein Verfahren, das ich für gewöhnlich ebenfalls befolgte. Doch überzeugte ich mich, dass auch bei einfachen Durchschneidungen ohne gleichzeitige Resection der Process in den ersten Tagen wenigstens ganz der gleiche ist. Nimmt man 24 Stunden nach der Durchschneidung den peripheren Stumpf heraus und untersucht entweder in NaCl-Lösungen, oder nach der Färbung mit Osmiumsäure, so zeigt sich an dem Präparate Folgendes:

Direct am Schnittende sieht man die Fasern vielfach von Massen zusammengeballten Markes umgeben, das in unregel-

mässigem Ballen theils dem Schnittende anklebt, theils die Lücken zwischen einzelnen Fasern ausfüllt. Vielfach lässt sich der Ursprung desselben insofern nachweisen, als ein directer Zusammenhang des äusseren Markes mit dem noch in der Faser befindlichen vorhanden ist. Direct am Schnittende enthalten nämlich die Fasern noch deutlich sichtbares Mark. Doch ist diese anscheinend den normalen Inhalt aufweisende Strecke sehr kurz und geht allmählich in eine solche über, in der das Mark mehr oder weniger vollständig zu fehlen scheint. Diese Partie findet in der Regel an dem nächsten Schnürringe ihre Grenze, ohne dass dieses jedoch immer der Fall ist.

An Osmiumpräparaten folgt auf ein kleineres gefärbtes Stück der Faser ein solches, das fast gar nicht gefärbt mit feinen Körnchen angefüllt ist. An dem nächsten Schnürringe beginnt in der Regel wieder das normal gefärbte Mark; doch habe ich auch eine nicht unbeträchtliche Zahl Fasern constatiren können, an welchen die scharfe Grenze zwischen zwei Schnürringen, anscheinend an einer Einkerbung ihren Sitz hatte. Dabei war der der Schnittstelle nächste Schnürring entweder bei grosser Entfernung nicht erreicht, oder bei grösserer Nähe überschritten.

Der Axencylinder ist an diesen Präparaten nicht zu sehen. Um ihn sichtbar zu machen, bedarf es der Entmarkung mit Alkohol und Aether. Mit Hämatoxylin gefärbt zeigt sich an dem Präparate nun Folgendes:

An Stelle des schmalen Axencylinders, wie er sonst unter der Behandlung mit Alkohol und Aether hervortritt, bietet sich jetzt in der dem Schnittende nahe liegenden Strecke ein im Allgemeinen ziemlich verbreiteter Axencylinder dar. Derselbe zeigt seine beträchtlichste Vergrösserung nicht zu weit von dem Schnittende, wo er mit einer meist kolbigen Anschwellung endigt, so dass ein nach dem Schnittende gelegenes Stück der Faser einen Axencylinder überhaupt nicht mehr enthält. Nach

dem peripheren Ende zu nimmt die Quellung des Axencylinders langsam ab, ist jedoch an dem nächsten Schnürringe und darüber hinaus meist noch nachweisbar.

Welche Erklärung haben wir für diese Bilder?

Zur Erklärung der Quellung des Axencylinders genügt es wohl an die Resultate meiner[1]) früheren Untersuchungen zu erinnern.

Ich habe nachgewiesen, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinen centralen und peripheren Endapparaten unter der Einwirkung der Lymphe quillt und nach kurzer Zeit der Resorption anheimfällt. Bei unsern jetzigen Versuchen haben wir nur eine einfache Trennung von dem centralen Endorgan bewirkt. Aber für die Quellung eines kleinen Stückes und die Resorption eines noch kleineren an der Schnittstelle gelegenen und so der Einwirkung der Lymphe am meisten ausgesetzten hat auch die einfache Durchschneidung genügt.

Wie aber verhält sich das Mark zu diesem Vorgange? Ich habe schon an anderer Stelle die mit Strömungserscheinungen innerhalb der Faser verlaufenden Quellungsvorgänge des Markes und das Austreten dieses aus dem Schnittende geschildert. Die damaligen Untersuchungsflüssigkeiten waren Wasser, Kalilauge und Essigsäure. Hinzufügen muss ich noch, dass ähnliche Erscheinungen, wenn auch viel langsamer unter der Einwirkung von Lymphe auftreten.

Die gleichzeitige Quellung des Axencylinders trägt vielleicht auch einen Theil der Veranlassung dieses Vorgangs, wobei das Mark, wie auch *Korybatt-Daszkiewicz* angibt, in der Nähe der Schnittfläche den Eindruck einer gequollenen Masse macht, wie sich am Besten an Präparaten nach kürzerer Einwirkung von Lymphe nachweisen lässt.

---

[1]) Diese Untersuchung. Bd. II, Heft 1.

Wird nun der Faserinhalt durch Quellung einem stärkeren Druck ausgesetzt (die nicht zu elastischen hornführenden Scheiden ertragen, wie sich leicht in destillirtem Wasser verfolgen lässt, nicht die gleiche Ausdehnung wie die *Schwann*'sche Scheide), so muss eine Strömung nach den Stellen des geringeren Widerstandes das Resultat sein, wobei dann zu berücksichtigen ist, dass mit zunehmender Entfernung von der Schnittfläche ein Punkt erreicht werden muss, an welchem Druck und Reibungswiderstand nahezu in's Gleichgewicht kommen. Dass dabei natürlich jedes grössere Hemmniss, und als solches müssen wir doch jedenfalls einen Schnürring bezeichnen, leicht die Grenze sein kann, ist selbstverständlich. Ausserdem kommt aber noch hinzu, dass die Veränderung des Axencylinders und Markes unter der Einwirkung der Lymphe sich zunächst doch nur an den der Schnittstelle nahe liegenden Partieen geltend macht und ein weiterer Theil der Faser mit intactem Axencylinder auch jene Veränderung des Markes nicht darbietet.

Zu erklären bleibt hierbei nur noch, wesshalb nahe an der Schnittstelle jene hier und da ziemlich beträchtlichen Markreste in der Faser zurückgeblieben sind. Die Erklärung für diese Erscheinung haben wir wohl wesentlich in dem durch die Entleerung gewonnenen Raume und in den durch Gerinnung des Markes am Schnittende sich mehrenden Austrittsschwierigkeiten zu suchen. Vielleicht sind auch die stärkere Quellung und Resorption des Axencylinders am Schnittende dafür von Bedeutung.

Für die 24 Stunden nach der Durchschneidung an dem peripheren Stücke eines Nerven sich darbietenden Bilder haben wir demnach eine einfache Erklärung in der zersetzenden Wirkung der Lymphe.

48 und 72 Stunden nach der Durchschneidung sehen wir an Osmiumpräparaten eine wesentliche Differenz gegen die früheren Bilder nur in dem Verhalten des Markes an der Schnittstelle.

Theils zeigt es besonders im Innern der Faser nicht mehr jene intensive Farbe, wie sie der Wirkung des Osmiums auf die Stoffe des Markes sonst eigenthümlich ist, theils ist es auch im Ganzen vermindert, ein Umstand, den wir mit Wahrscheinlichkeit jenen jetzt in grösserer Zahl vorhandenen Zellen zuschreiben müssen, die sogar in das Innere der Faser eindringend den Markdetritus aufnehmen und weiter transportiren.

An den entmarkten Fasern lässt sich zu dieser Zeit das Fehlen des Axencylinders schon weiter in die Faser hinein verfolgen. Doch geht der Schwund ausserordentlich langsam. Das kolbig gequollene Ende zeigt sich dem nächsten Schnürringe etwas näher, ist jedoch weit entfernt ihn erreicht zu haben. Dagegen beschränkt sich die leichte Aufquellung des Axencylinders am dritten Tage nicht mehr auf die vom ersten oder zweiten Schnürringe begrenzte Partie, sondern geht schon tiefer in die Faser hinein, ohne sich jedoch deutlich zu begrenzen. Sie kann in keiner Weise als mächtig in die Augen fallende Quellung bezeichnet werden, ist vielmehr an einzelnen Stellen nur durch leichte Varicositäten nachweisbar und verliert sich langsam in die normale Strecke.

Ziemlich die gleichen Bilder wie in dem peripheren Stücke finden sich in den ersten Tagen nach der Durchschneidung in dem centralen. Auch hier entleert sich das Mark aus dem der Schnittfläche angrenzenden Theile, auch hier findet eine Quellung des Axencylinders statt; doch betrifft die letztere nur das dem Schnittende zunächst liegende Stück und selten erstreckt sie sich in deutlicher Weise über den nächsten Schnürring. Dieser Quellung folgt ebenfalls eine Auflösung; doch geht auch sie nur selten weit in die Faser hinein.

Nach 3 und 4 Tagen sieht man schon manche Fasern, an welchen zwar ein kleines Stück des Axencylinders im Innern fehlt, aber das nach der Schnittfläche gerichtete Ende desselben zeigt hier vielfach keine kolbige Anschwellung, sondern ein voll-

ständig normales Verhalten. Es beruht dieses höchst wahrscheinlich darauf, dass das stärker gequollene Anfangsstück schon gelöst ist, während die weitere nur in geringem Grade von der Lymphe afficirte Partie unter dem Einflusse der Centralorgane wieder zum normalen Verhalten zurückgekehrt ist. Dieser Rückkehr zum normalen Verhalten schliessen sich dann bald Regenerationsvorgänge an, von welchen hier abzusehen ist.

Im peripheren Stücke gehen nun im Laufe mehrerer Tage jene Veränderungen vor sich, die in letzter Zeit als die eigentliche Degeneration von den eben beschriebenen Vorgängen gesondert wurden. Wesentlich zeigen sich diese am Marke, dessen Einkerbungen zunächst deutlicher und breiter werden; dann tritt eine geringere Färbung mit Osmiumsäure ein und endlich folgt eine Bildung von unregelmässigen Tropfen und Schollen im Mark. Indessen ist beim Frosch dazu ausserordentlich viel Zeit nothwendig. Auch der Axencylinder verändert sich sehr langsam. Zwar nähert sich das Ende desselben durch Resorption immer mehr dem Schnürringe; doch verläuft dieser Vorgang mit sehr geringer Schnelligkeit. 7 und 8 Tage nach der Durchschneidung sieht man noch vielfach den Axencylinder in das zwischen Schnittstelle und erstem Schnürringe gelegene Schaltstück der Faser hineinragen; derselbe ist allerdings in mässigem Grade gequollen und hie und da auch nicht ganz regelmässig verbreitert, beides in der Regel über eine weite Strecke des Nerven hinaus.

In diesem Verhalten zeigt sich ein beträchtlicher Gegensatz gegen die von mir geschilderten Vorgänge bei der doppelten Durchschneidung des Nerven, die *Ranvier* für identisch mit derjenigen bei der Degeneration hält.

*Ranvier* schildert in seinen „Leçons“ einige Versuche, wie ich sie ohne Kenntniss des *Ranvier*'schen Werkes und von andern Gesichtspunkten ausgehend ebenfalls gemacht habe.

Er schneidet einmal ein Stück aus dem Nervus ischiadicus

einer Ratte heraus und führt es in die Peritonealhöhle desselben Thieres ein und dann lässt er ein ausgeschnittenes, also von seinem centralen und peripheren Endorgan getrenntes Stück des N. ischiadicus der Ratte, des Meerschweinchens, des Kaninchens an seiner normalen Stelle. Die Untersuchung nach drei, vier, fünf und sechs Tagen führte ihn zu dem Resultate, dass die nach der doppelten Durchschneidung auftretenden Erscheinungen und der sogenannte Degenerationsprocess in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven vollständig identisch sind.

Ich habe schon in meiner früheren Arbeit, auf Versuche am Frosch gestützt darauf hingewiesen, dass diese Ansicht *Ranvier*'s auf einem Irrthum beruht, und dass eine wesentliche Differenz zwischen beiden Vorgängen in dem Verhalten des Axencylinders vorhanden ist. Da ich aber den eigentlichen Degenerationserscheinungen in der Darstellung meiner früheren Arbeit nur eine sehr oberflächliche Beachtung schenken konnte, so ist hier auf diesen Punkt weiter einzugehen.

Wenn man einen doppelt durchschnittenen und 3—4 Tage an seinem Platz verbliebenen Nerven mit Osmiumsäure untersucht, so machen allerdings die beiden Schnittflächen vollständig den Eindruck, als handle es sich um eine von beiden Seiten ausgehende Degeneration. Man sieht, wie in gleicher Weise ein Theil des Markes nach dem Schnittende geströmt ist, wo es theilweise noch an dem Ende der Fasern anklebt und ferner, wie an ähnlich scharfer Grenze, meist an dem Schnürringe wieder, das anscheinend normale Mark beginnt.

Soweit gleicht also der Process dem der einfachen Degeneration vollständig. Anders aber gestaltet sich das Bild nach der Entmarkung und Färbung. Hier fehlt in dem doppelt durchschnittenen Stücke des Nerven der Axencylinder vollständig. Die Erklärung für diese Erscheinung habe ich schon früher gegeben und brauche hier nur kurz darauf einzugehen.

Unter der Einwirkung der Lymphe ist der Axencylinder zunächst jene Aenderung eingegangen, die ihn nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether gegenüber dem sonst sichtbar werdenden schmalen centralen Faden als eine beträchtlich gequollene Masse erscheinen liess und diese Masse ist im Lauf weniger Tage der vollständigen Resorption anheimgefallen.

Gegenüber diesem Bilde bei der doppelten Durchschneidung zeigt das periphere Stück eines nur vom Centrum getrennten Nerven eine wesentliche Differenz. Hier tritt direct an dem Schnittende zwar gleichfalls eine Quellung des Axencylinders auf, der eine stückweise Resorption folgt; aber nach drei, vier und mehr Tagen ist sogar in dem zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe gelegenen Schaltstücke des Nerven der Axencylinder noch theilweise erhalten, und fehlt vollends nicht im weiteren Verlaufe. Die Schlussfolgerungen, die sich aus diesem Verhalten ergeben, habe ich schon früher gezogen. Es resultirt daraus mit Bestimmtheit, dass die Ernährung des Axencylinders wesentlich von den centralen sowohl als von peripheren Endorganen erfolgt, und dass die Annahme einer Selbständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf seine Ernährung, wie sie von *Ranvier* und nach ihm von *Engelmann* aufgestellt ist, in keiner Weise möglich ist.

Da aber in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven ausser den ersten der Lymphe anheimgefallenen Strecken des Axencylinders bald noch weitere folgen, so genügt das periphere Endorgan zur Erhaltung des Axencylinders nicht vollständig. Doch erfolgt die Veränderung desselben bald weniger von der Schnittfläche, als von der Flanke aus, und dehnt sich über weitere Strecken aus.

Dabei muss vor allem der Umstand auffallen, dass die Quellung ausserordentlich langsam erfolgt. Wenn der Axencylinder schon 4—5 Tage nach der Durchschneidung über ein grosses mehrere Millimeter umfassendes Stück geringgradige Aufquellung zeigt und

dieses Bild sich mehrere Tage lang trotz der weitern Lympheinwirkung ziemlich unverändert erhält, so dass wir am siebenten, achten, neunten Tage dieselben Stellen vielleicht in geringem Grade mehr gequollen treffen, so beweist dieses, dass die der Zerstörung durch die Lymphe entgegenwirkenden Factoren, nämlich die Ernährungsströmungen von den Endorganen, sich zu einer Zeit noch geltend machen, in welcher der Axencylinder schon eine ziemlich bedeutende, höchstwahrscheinlich chemische Veränderung erlitten hat. Damit tritt aber zugleich die Frage auf, ob diese jedenfalls veränderten Partien des Axencylinders, die also für Ernährungsströmungen von Seiten der Endorgane noch durchgängig sind, in ihren sonstigen Eigenschaften noch mit dem Axencylinder gleichgestellt werden können, das heisst, ob sie erregungsfähig resp. leistungsfähig sind.

Was die Erregungsfähigkeit betrifft, so wissen wir, dass degenerirende Nerven langsam schwerer erregbar und dann vollständig unerregbar werden. Ob aber die Erregbarkeit schon zu einer Zeit verschwunden ist, in der der Axencylinder zwar schon verändert, jedoch in seiner Continuität noch erhalten ist, wissen wir nicht.

*Ranvier* glaubt die bei der Degeneration auftretende Discontinuität für die Unerregbarkeit verantwortlich machen zu müssen und schiebt den ersteren Vorgang dem Protoplasma der Kerne zu, das wuchernd den vollständig passiven Axencylinder durchschneide. Er hat dabei entschieden Bilder vor Augen gehabt, an welchen der Axencylinder stellenweise fehlte. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass hier einzelne Strecken resorbirt waren, während andere vielleicht durch die schwierigere Zugänglichkeit der Lymphe der Resorption noch entgangen waren, Bilder, wie ich sie schon in meiner früheren Arbeit bei der Wirkung der Kochsalzlösungen geschildert habe.

Die Ursache für diese Continuitätsunterbrechung des Axencylinders müssen wir demnach in einem andern Processe, als *Ranvier* suchen; aber die Ursache für die Unerregbarkeit könnte entschieden in einer Discontinuität des Axencylinders gelegen sein, wenn nicht die Unerregbarkeit schon vorhanden ist, bevor die eigentliche Resorption des Axencylinders beginnt. Und das Letztere scheint allerdings der Fall zu sein.

An peripheren Stücken des N. ischiadicus liess sich 14 Tage nach der Durchschneidung die vollständige Unerregbarkeit des Nerven nachweisen, während der Axencylinder noch vollständig vorhanden, allerdings beträchtlich verbreitert war. Die Muskeln selbst waren faradisch gut erregbar. Eine Discontinuität des Axencylinders liess sich dabei in keiner Weise constatiren.

Dieselben Resultate ergab die Untersuchung 16 Tage nach der Durchschneidung, so dass wir es zuvor durchaus mit keiner schon nicht mehr ernährten, oder Ernährungsströme nicht mehr leitenden Masse zu thun hatten.

Die Schlussfolgerungen, die wir aus diesem Verhalten ziehen können, dürften für die Pathologie nicht ohne Bedeutung sein. Gibt es Zustände des Axencylinders, in denen er zwar ernährende Strömungen passiren lässt, aber andere Eigenschaften, die Erregbarkeit, vielleicht auch Leitungsfähigkeit eingebüsst hat, so haben wir hier ein Analogon mit einzelnen Erscheinungen in der Neuropathologie. Es gibt eine ganze Reihe von Lähmungen, bei welchen in den Nerven eine Unfähigkeit für die motorische Leitung vorhanden ist, ohne dass eine Spur von trophischen Störungen daraus resultirt. Man hat sich seither damit geholfen, besondere trophische Nerven mit stärkerer Resistenzfähigkeit gegen schädliche Einflüsse anzunehmen. Das Vorkommen solcher Veränderungen des Axencylinders dürfte derartige Zustände vielleicht einfacher erklären.

Untersuchen wir nun, wie der Process der Degeneration in der nächsten Zeit weiter verläuft. Wie schon erwähnt, zeigt sich

an einzelnen Stellen eine Discontinuität des Axencylinders. Dieselbe beginnt in der Regel am Ende der dritten oder im Anfange der vierten Woche. Aber auch die einzelnen Reste fallen nach kurzer Zeit der Resorption anheim und der Axencylinder schwindet in den mehr und mehr degenerirenden Partien vollständig. Mit dem Verschwinden des Axencylinders geht auch das noch vorhandene Mark jene degenerativen Veränderungen ein, die schon zur Genüge beschrieben sind.

Bestätigen möchte ich nur die Angaben von *Ranvier*, dass ausser der Vermehrung des Bindegewebes und der Kerne sich in den degenerirten Partien eine grosse Anzahl zelliger Elemente einfindet, die das ausgetretene Mark gleichsam aufzehren und an Osmiumpräparaten einen Inhalt von leichtbraun gefärbten Marktröpfchen aufweisen.

Ausser diesen Gebilden tritt aber bei der Degeneration noch ein anderer Bestandtheil der Nervenfaser hervor und zwar sind dies die eigentlichen noch innerhalb der *Schwann*'schen Scheide gelegenen Umhüllungen des Markes. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration einzelne Partien dieser von ihnen entdeckten Umhüllungen des Markes, der Hornscheiden, nachweisen konnten. Und allerdings bleiben dieselben in der ersten Zeit der Degeneration während des Schwundes des Axencylinders und des Zerfalls des Markes vollständig intact. Durch Entmarken mit siedendem Alkohol und Aether lassen sich beim Frosche die hornführenden Scheiden noch in ihrem ganzen Zusammenhange und anscheinend unverändert nachweisen, wenn der Axencylinder schon geschwunden ist und von dem Marke nur noch körnige Reste den Inhalt der Faser ausmachen.

Später zerfallen auch diese Scheiden; zunächst scheinen sie sich zu trüben und dann in schollige oder körnige Gebilde zu zerfallen. Dieser Process scheint in den peripheren Nerven vom Frosch noch rascher zu verlaufen, als im Rückenmarke des Menschen,

wo *Schultze* und *ich*[1]) 8 Wochen nach den Erscheinungen der Degeneration in den erkrankten Partien noch das wenig veränderte, höchstens etwas zerklüftete Horngerüst nachweisen konnten.

Die degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen verlaufen beim Säugethiere ausserordentlich viel rascher, als beim Frosch. Auch bei ihnen treten, wie *Colasanti* wenigstens am N. ischiadicus des Meerschweinchens beobachtete, zunächst jene sogenannten traumatischen Veränderungen an der Schnittfläche ein, die wir wohl auch hier einer raschen Einwirkung der leicht eindringenden Lymphe zuschreiben müssen. Diese Veränderungen zeigen sich hier schon nach 24 Stunden in voller Ausbildung und etwa nach 72 Stunden folgen nach *Colasanti* die eigentlichen degenerativen Vorgänge.

Beim Kaninchen bieten sich im Allgemeinen die gleichen Bilder. Auch hier zeigt der durchschnittene Nerv nach 24 Stunden jene vielfach bis zum nächsten Schnürringe gehende Veränderung.

Derselbe Process wie beim Frosch hat ohne Zweifel das Austreten eines Theiles des Nervenmarkes aus dem Schnittende hervorgerufen, das man auch hier in grossen Ballen an den Fasern ankleben sieht. Doch zeigt sich insofern eine Differenz gegen den Frosch, als das Mark bis zu einer bestimmten Grenze nicht vollständig ausgetreten ist, sondern die dem Schnittende zunächst liegenden Partien sich wesentlich durch einen geringeren Gehalt an Mark auszeichnen. Vielfach folgt dann auch eine markleere Strecke, die durch eine ziemlich scharfe Grenze gegen das normale Bild contrastirt. Doch ist diese Grenze beim Kaninchen oft nicht so scharf, wie beim Frosche und ferner liegt sie vielleicht noch häufiger an einer Einkerbung als an dem Schnürringe. Es kommen hier indess entschieden Differenzen vor, die wohl hauptsäch-

---

[1]) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1878. No. 37.

lich auf dem verschiedenen Reichthume der Thiere an Lymphe beruhen.

Dasselbe Bild wie das periphere Stück bietet im Allgemeinen das centrale. In beiden zeigt sich ausserdem nach der Entmarkung dieselbe Quellung des Axencylinders in der Nähe der Schnittstelle wie beim Frosch. Die Resorption dieser gequollenen Partien verläuft in den ersten Tagen beim Kaninchen fast ebenso langsam wie beim Frosch. In dem peripheren Stücke ist nach 2 Tagen nur ein minimales Stück zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe verschwunden.

Auch in dem centralen Stücke erfolgt die Auflösung eines Theiles des gequollenen Axencylinders. Es handelt sich auch hier jedenfalls um einen Process des Absterbens und nicht um eine Hypertrophie, die gleichsam der Regeneration vorausgeht, wie dieses *Ranvier* [1]) glaubt und wie es auch einige andere Forscher [2]) nach ihren Ausdrücken bei ähnlichen Befunden anzunehmen scheinen.

Jedenfalls geht aber dieser Process der Quellung und Resorption in den ersten zwei Tagen nach der Durchschneidung im centralen sowohl als im peripheren Stücke ausserordentlich langsam vor sich. Dem gegenüber bietet ein doppelt durchschnittenes Stück des N. ischiadicus nach zwei Tagen ein ganz anderes Bild. Hier fehlt in einer grossen Anzahl der Fasern der Axencylinder vollständig; in andern zeigt sich durchgehends jene bekannte beträchtliche Verbreiterung des centralen Gebildes und in den dritten sieht man die Uebergangsformen von den

---

[1]) *Ranvier* „Leçons sur etc.“ Tome II. pag. 41.

[2]) Der Ausdruck: Hypertrophie des Axencylinders ist keineswegs selten: meist sind es Schilderungen acut entzündlicher Processe, bei welchen er sich findet. Von den seitherigen Forschern ist vielleicht *Friedr. Schultze* (*Virchow*'s Archiv Bd. 73) der einzige, der diese in ihrem Volumen vergrösserten Axencylinder als Uebergangsstufen zum Zerfall auffasst.

zweiten zu den ersten; in diesen ist jene Discontinuität des Axencylinders vorhanden, die sich auch hier nur dadurch erklären lässt, dass einzelne der Lymphe leicht zugängliche Theile schon resorbirt sind, während andere Reste derselben noch widerstanden haben.

Sonach dürfte die Gültigkeit unserer schon aus den Ergebnissen am Froschnerven gezogenen Schlussfolgerungen auch für die Säugethiere erwiesen sein.

Was das weitere Fortschreiten der Degeneration am durchschnittenen Nerven betrifft, so liegt die wesentlichste Differenz zwischen Frosch und Kaninchen in der zum Ablauf der Erscheinungen nöthigen Zeit. Beim Kaninchen ist durchschnittlich schon am vierten Tage der Nerv unerregbar und erfolgt auch die Resorption des Axencylinders um diese Zeit.

Einen Unterschied zwischen einzelnen Fasern, der auf eine differirende Degeneration der motorischen und sensiblen Fasern bezogen werden könnte, habe ich weder beim Kaninchen noch beim Frosch constatiren können. Doch möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass man sich bei allen Untersuchungen vor jenen keineswegs zu selten vorkommenden Fasern zu hüten hat, die den Eindruck von degenerirten machen, ohne dass ihre Degeneration irgend etwas mit der Durchschneidung zu thun hat. *Kuhnt*[1]) hat schon auf das Vorkommen dieser Fasern in ganz normalen Nerven aufmerksam gemacht und *Sigmund Mayer*[2]) hat neuerdings in einer ausführlichen Arbeit das Auftreten derselben verfolgt. Ausser diesen degenerirenden Fasern finden sich auch Bilder, die, wie ich im Anschlusse an *Kuhnt* und *Mayer* glaube, keine andere Deutung als die beginnender Regenerationsprocesse zulassen, worüber weitere sorgfältige Untersuchungen gewiss bald entscheiden würden.

---

1) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XIII.

2) Sitz.-Ber. d. Kais. Acad. d. Wiss. III. Abth. Jahrg. 1878.

Mich halten jetzt leider äussere Verhältnisse von der Fortsetzung dieser Arbeiten ab. Wenn ich aber trotz vieler Lücken die seitherigen Ergebnisse veröffentliche, so mag die Wichtigkeit des Gegenstandes mich entschuldigen.

Heidelberg, den 2. October 1878.

# Ueber das braune Pigment des Auges.

Von

Dr. **Karl Mays.**

Im Anschlusse an die von *Kühne*[1]) gemachte Beobachtung, dass das braune Pigment des Auges, welches bekanntermassen sich gegen chemische Reagentien so dauerhaft zeigt, durch das Licht in verhältnissmässig kurzer Zeit gebleicht werde, unter der Voraussetzung, dass eine weitere Bedingung erfüllt ist, nämlich die Anwesenheit von Sauerstoff, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, welche diese Angabe unter verschiedenen Bedingungen zu bestätigen im Stande sind. Da aber der Einfluss des Lichtes sich nicht nur auf die Bleichung des Pigmentes erstreckt, sondern durch dasselbe auch andere chemische Vorgänge, nämlich die Lösung des Pigmentes in gewissen Flüssigkeiten, beeinflusst werden, so mussten die Untersuchungen auch auf diesen Punkt ausgedehnt werden.

Zur Reindarstellung des Pigmentes bediente ich mich eines Materiales, welches im hiesigen physiologischen Institute gelegentlich anderer Untersuchungen gesammelt war. Es bestand in den Augen von einigen hundert Hühnern, die durch einen Aequatorialschnitt gespalten, mit Alkohol und Aether vollständig erschöpft und unter Aether aufbewahrt waren. Wenn es sich darum handelt, einen schwer angreifbaren Körper aus einem thierischen

---

[1]) Untersuchungen des physiol. Instituts der Universität Heidelberg. Bd. II, Heft I, p. 112 ff.

Gewebe zu trennen, so gibt es wohl kein einfacheres und sichereres Mittel als die Ueberführung der Gewebebestandtheile in lösliche Substanzen mittels der Verdauung. Diese wurde auch zu der Darstellung des Pigmentes angewandt und zwar die rascher und energischer wirkende Pankreasverdauung; es war dabei nur in Betracht zu ziehen, dass derselben auch die collagenen Bestandtheile zugänglich gemacht wurden, und dies wurde durch Kochen der Augen mit Wasser erreicht; zugleich wurde hierdurch der noch in den Augen zurückgebliebene Aether entfernt. Das Verdauungsgemisch wurde mit 0,2 pCt. Salicylsäure bereitet, um die Fäulniss zu verhindern. Nach 24 Stunden war fast alles gelöst, nur einige in der Sclera vorgekommene Verknöcherungen hatten in dieser Zeit der Verdauung soweit widerstanden, dass sie wenigstens noch als zusammenhängende Gebilde sich vorfanden. Dieser Umstand machte es jedoch leicht, sie vom Pigmente zu trennen, welches durch Gaze abfiltrirt wurde. Um möglichst den Verlust an Pigment und jede Verunreinigung zu verhüten, wurde dasselbe von nun an nie auf ein Filter gebracht, sondern immer in einer Reihe von Tellern absitzen gelassen, was gewöhnlich in einigen Tagen vollständig erzielt wurde. Auf diese Weise wurden zunächst die gelösten Verdauungsproducte abgegossen und das Pigment einige Male mit Wasser gewaschen. Die einzigen Substanzen, mit denen es nun noch verunreinigt sein konnte, waren Nukleïne und Neurokeratin; das letztere musste jedoch schon entfernt sein und zwar auf mechanischem Wege, einmal durch das Filtriren durch Gaze, sodann bei dem Waschen mit Wasser. Dass bei diesen Proceduren das haftende Flocken bildende Neurokeratin zurückbleibt, steht mit den sonstigen Erfahrungen über seine Beschaffenheit, die im hiesigen Laboratorium gemacht sind, im Einklange und wurde ausserdem durch die mikroscopische Untersuchung bestätigt, indem in dem gereinigten Pigmente keinerlei Beimischungen zu erkennen waren, die von dieser Substanz hätten

herrühren können. Zur Entfernung der Nukleïne wurde verdünnte Natronlösung angewandt. Dieselbe blieb einige Tage auf dem Pigmente stehen und wurde dann mit ihm aufgekocht. Beim Stehen sowohl als beim Kochen färbte sich die Natronlösung braun. Diese wurde nun abgegossen, das Pigment in grosse Cylinder gebracht und diese mit Wasser aufgefüllt. Da es sich ziemlich rasch zu Boden setzte, konnte auf diese Weise eine sehr ausgiebige Auswaschung vorgenommen werden. Dieselbe wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit nicht mehr alkalisch reagirte. Nachdem als letztes Waschwasser noch einige Male destillirtes angewandt war, und endlich nacheinander Alkohol und Aether, wurde das Pigment getrocknet.

Mit so gereinigtem Pigmente wurden die meisten der nachfolgenden Versuche angestellt; wo dies nicht der Fall war, wird es ausdrücklich bemerkt werden. Ich werde zunächst die Löslichkeitsverhältnisse des Pigmentes besprechen: Kein chemisches Reagens ist bis jetzt bekannt, welches das Pigment sofort zersetzte oder auflöste. Concentrirte Säuren und Alkalien bedürfen längerer Zeit oder des Erhitzens, um dies zu bewerkstelligen. Bei längerem Kochen färbt das Pigment concentrirte Schwefelsäure schwarzbraun, concentrirte Natronlauge und Salpetersäure mehr gelbbraun. In beiden Fällen gelingt es jedoch auch nach längerem Kochen nicht, einigermassen grössere Mengen des Pigmentes zu lösen, sondern es bleibt immer viel davon ungelöst und scheinbar unverändert. Hinsichtlich der Farbe dieser Lösungen kann ich *Rosow*[1]) nicht beipflichten, der dieselbe als „dunkelkirschroth“ bezeichnet, ich habe sie immer braun gefunden, eine andere Angabe *Rosow*'s dagegen kann ich bestätigen, nämlich die, dass das Pigment sehr leicht in verdünnten Alkalien löslich wird, nachdem es längere Zeit der Einwirkung verdünnter

---

[1]) *Græfe*'s Archiv Bd. IX. Abth. III.

Salpetersäure ausgesetzt worden; es wird dabei heller, mehr in's Gelbe gehend und die Säure nimmt eine ganz leicht gelbe Farbe an, nur kann ich auch hier die von *Rosow* angegebene Farbe nicht bestätigen; denn auch diese Lösungen fand ich braun und nicht „schön violet-roth", wie *Rosow* sie findet. Nachdem eine Einwirkung des Lichtes auf das braune Pigment bekannt war, musste man auch bei dieser Veränderung desselben an eine solche denken, da *Rosow* natürlicherweise nicht angab, ob er die Einwirkung im Lichte oder im Dunkeln von Statten gehen liess. Ich hielt desshalb einen Theil des mit Salpetersäure übergossenen Pigmentes im Dunkeln, während ich einen andern der Sonne exponirte, aber die Veränderungen des Pigmentes sowie die seiner Löslichkeit in Alkalien waren in beiden Fällen ganz die gleichen. Zur Lösung des so behandelten Pigmentes eignen sich verdünnte Lösungen der Aetzalkalien, der kohlensauern Alkalien und des Ammoniaks und zwar geht sie so leicht von Statten, dass es genügt, neben einen Tropfen Wassers, in welchem solches Pigment suspendirt ist, einen Tropfen Ammoniak zu bringen, ohne dass er mit dem ersteren zusammenfliesst, um schon durch die von dem Wassertropfen absorbirten Ammoniakdämpfe das Pigment vollständig in Lösung zu bringen. Einen rothbraunen Niederschlag konnte ich aus diesen Lösungen nicht erhalten, wie ihn *Rosow* mit Säuren bekommen hat, wohl aber aus alkalischen Lösungen, die auf anderem Wege gewonnen waren und auf die ich später zu sprechen kommen werde.

Wenn in den eben geschilderten Versuchen die Wirkung der verdünnten Salpetersäure allein zugeschrieben werden muss, so gibt es doch auch Fälle, in welchen die Löslichkeit des Pigmentes vom Lichte beeinflusst wird. Am deutlichsten ist dies, wenn es von vorn herein in alkalischen Flüssigkeiten sich befindet; dass dem so ist, geht aus dem folgenden Parallelversuche hervor: von dem isolirt dargestellten Pigmente wurden kleine Mengen auf zwei

Teller gebracht und mit einer 1procentigen Pottaschelösung übergossen. Der eine Teller wurde im Dunkeln gehalten, der andere der Sonne exponirt. Nach wenigen Tagen hatte sich die Flüssigkeit in dem letzteren braun gefärbt, während in dem ersteren auch nach monatelangem Stehen nicht die geringste Färbung der Flüssigkeit zu bemerken war. Ich muss hier zurückkehren zu einer Angabe, die ich bei der Darstellung des Pigmentes gemacht habe: die verdünnte Natronlösung hatte dort etwas von dem Pigmente in Lösung gebracht; es wäre nun möglich, dass auch hier eine Einwirkung des Lichtes vorgelegen hätte, vor dessen Zugang ich, ehe ich seine Wirkung kannte, das Pigment nicht absichtlich schützte; freilich muss ich hinzufügen, dass es sicher nur in beschränktem Maasse Zutritt hatte, da ich die Teller, in denen es sich absetzte, bedeckt zu halten pflegte. Vielleicht wirkten hier noch andere, mir bis jetzt unbekannt gebliebene Einflüsse auf die Löslichkeit des Pigmentes, über die ich noch bemüht sein werde, mir Rechenschaft zu geben. Jedenfalls ist ausser dem Lichte noch ein anderer Factor von Einfluss auf die Löslichkeit des Pigmentes, nämlich die Wärme; denn es konnte gezeigt werden, dass diese auch bei Abschluss des Lichtes bei längerer Einwirkung das Pigment in schwachen Alkalien etwas löslich macht. Eine Probe wurde nämlich mit einer 1 procentigen Sodalösung in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und 6 Stunden lang im Dunkeln im Wasserbade erhitzt; die Flüssigkeit zeigte sich schliesslich braun gefärbt, obwohl auch hier der grössere Theil des Pigmentes ungelöst blieb. Da sich also gezeigt hatte, dass die Wärme einen solchen Einfluss hat, so musste auch untersucht werden, ob nicht auch bei dem dem Lichte exponirten Pigmente die Erwärmung die Lösung zu Stande gebracht habe. Zu dem Ende wurde ein anderer in der gleichen Weise wie oben hergerichteter Teller in die Sonne gestellt, jedoch ihre Wärmewirkung durch fortwährende Berieselung mit kaltem Wasser möglichst

abzuhalten gesucht; da jedoch die Flüssigkeit in derselben Zeit sich braun färbte, so durfte auch dem Lichte allein eine Einwirkung auf die Löslichkeit des Pigmentes zugeschrieben werden.

Aus solchen Lösungen in schwachen Alkalien, die sich nicht unter dem Einflusse der Salpetersäure gebildet hatten, gelang es mir, das Pigment durch Neutralisation mit Schwefelsäure als einen braunen, sehr zarten, flockigen Niederschlag auszufällen. Mikroskopisch bestand derselbe aus hellbraunen amorphen Flocken, in denen einzelne, sehr scharf contourirte dunkelbraune Körnchen eingebettet waren, die vollkommen den amorphen Körnchen des natürlichen Pigmentes glichen. Dieser Niederschlag trat jedoch nicht immer gleich, sondern manchmal erst nach längerer Zeit, ja erst nach Tagen ein. Ich habe für diese Inconstanzen bis jetzt noch keine Erklärung gefunden, muss aber erwähnen, dass vielleicht auf ähnlichen die oben genannte Differenz zwischen *Rosow* und mir hinsichtlich des mit Hülfe der Salpetersäure in Alkalien gelösten Pigmentes beruht.

Da die Wirkung der letzteren wohl in ihren oxydirenden Eigenschaften zu suchen war und da ferner schon von *Kühne* gezeigt worden, dass der Sauerstoff einen wesentlichen Antheil hatte bei einer anderen Veränderung des Pigmentes, der Bleichung, so war zu fragen, ob nicht ähnliche Vorgänge bei seiner Löslichkeit in Betracht kämen. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde einmal noch ein anderes Oxydationsmittel angewandt, nämlich der active Sauerstoff und sodann wurde auf der andern Seite geprüft, wie sich die Löslichkeitsverhältnisse gestalteten bei Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs.

Was die Wirkung des Ozons betrifft, so habe ich hinsichtlich der Löslichkeit bis jetzt nur negative Resultate erhalten. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass etwas Pigment in wenig Wasser suspendirt und in zwei kleine Probirröhrchen vertheilt wurde; beide wurden im Dunkeln gehalten und auf den

Boden des einen ein continuirlicher Ozonstrom geleitet, der die geringe Menge Flüssigkeit in Blasen aufpeitschte, so dass eine möglichst energische Wirkung zu erwarten war. Nach halbstündigem Durchleiten jedoch war in beiden Röhrchen nicht der geringste Unterschied wahrzunehmen. Aber auch im grellen Sonnenlichte blieb der Versuch, in ganz derselben Weise und die gleiche Zeit hindurch angestellt, erfolglos. Das Wasser war nun wohl nicht die geeignetste Flüssigkeit und es wurde desshalb eine andere gewählt, von der bekannt geworden war, dass sie unter Umständen Pigment zur Lösung bringt, nämlich eine alkalische. Auch dieser Versuch wurde wieder im grellen Sonnenscheine mit zwei Röhrchen ausgeführt, in welchen das Pigment in $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung suspendirt war. Nach Ablauf einer halben Stunde hatte das Licht allein noch nicht ausgereicht, um die Flüssigkeit zu färben, aber auch mit Hülfe des Ozonstromes war nicht die geringste Lösung zu erzielen.

Bessere Resultate gab die andere Hälfte dieser Versuchsreihe, die mit Ausschluss des Sauerstoffs angestellt wurde. Zunächst wurde hier der Einfluss der Wärme geprüft. Die Flüssigkeiten wurden mit dem suspendirten Pigmente zum Vergleiche einmal mit und einmal ohne Luft eingeschlossen; für das letztere eignete sich folgendes einfaches Verfahren: ich brachte die Proben in unten zugeschmolzene Glasröhrchen, diese wurden dann am andern Ende in ein nahezu capillares Rohr ausgezogen und die Flüssigkeiten hierauf zum Kochen erhitzt. Wenn so lange gekocht worden war, dass man annehmen konnte, dass alle Luft verdrängt war, so wurde das capillare Rohr, während ihm der Dampf entströmte, rasch zugeschmolzen, was in den meisten Fällen sehr leicht gelang. Die Flüssigkeiten, die gewählt wurden, waren Wasser und 1procnt. Sodalösung. Dass in letzterer bei dieser Procedur nichts in Lösung ging, scheint daran zu liegen, dass hierfür doch immer längeres Kochen erforderlich ist. Die Erhitzung im Wasserbade geschah

im Dunkeln von Morgens 10 Uhr bis Abends 5 Uhr. Bei der Herausnahme war in sämmtlichen Röhrchen noch ziemlich viel Pigment suspendirt und kein grosser Unterschied zu bemerken; nach dem Absitzen jedoch stellte sich ein sehr bedeutender heraus. Das Wasser, das mit Luft eingeschlossen war, war leicht gelbbraun geworden, die Sodalösung hatte sich intensiv braun gefärbt; in den Röhrchen jedoch, in denen sich keine Luft befand, waren die Flüssigkeiten vollständig farblos geblieben. Auch für den Einfluss des Lichtes konnte bezüglich der Löslichkeit ein Unterschied constatirt werden, je nachdem Sauerstoff zugegen war oder nicht, indem Wasser, welches mit Luft in einem Glasröhrchen eingeschmolzen war, nach mehrtägiger Exposition eine leichtgelbe Farbe angenommen hatte, die in einem andern Röhrchen, welches luftleer gemacht war, ausblieb. Nur bei einer $^1/_2$proc. Sodalösung fiel die Sache etwas anders aus. Ich habe diesen Versuch später noch einmal zu erwähnen, da er eigentlich in einer andern Absicht angestellt war; die Luft war hier nicht durch Auskochen, sondern durch Einleiten von Kohlensäure vertrieben, und hier hatte sich die Lösung am Lichte auch schwach bernsteingelb gefärbt. Leider konnte ich den Versuch wegen eingetretener schlechter Witterung nicht noch einmal wiederholen, was nöthig gewesen wäre, da man hier Bedenken tragen muss, ob der Sauerstoff vollständig entfernt war; ein kleiner Rest könnte die allerdings geringe Färbung der Flüssigkeit erklären. Soweit reichen meine bisherigen Beobachtungen über die Löslichkeit des Pigmentes und ich gehe nun über zu der näheren Ausführung der schon von *Kühne* gemachten Angaben über dessen Bleichung.

Zunächst habe ich noch einiges über die Bleichung des trockenen braunen Pigmentes beizufügen. Es war von Interesse zu wissen, ob die Wirkung des Lichtes auf das Pigment verschiedener Thiere eine verschiedene sei, namentlich, ob nicht das Pigment derjenigen Thiere, die auf schwächere Lichtreize angewiesen sind, also der

Nachtthiere, einen höheren Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt. Am 29. August hatte ich zur Vergleichung Pigment vom Huhn und vom Frosch in verschiedenen Dicken auf Milchglasplatten aufgetragen und zum Theil durch Streifen schwarzen Papiers gegen die Einwirkung des Lichtes geschützt. Das Pigment des Huhns war das gleiche, welches für die bisherigen Versuche angewandt wurde, vom Frosche gab mir Herr Geh. Rath *Kühne* etwas reines Retinalpigment, welches er in der von ihm geschilderten Weise mit Gallelösung erhalten hatte. Das Auftragen auf die Glasplatte geschah mit etwas verdünnter Gummilösung. Die Exposition fand unter einem nach Süden gelegenen Oberlichte statt. Als ich mir am 16. September die Präparate zum erstenmale wieder ansah, schien an den vom Papier freigelassenen Stellen noch so wenig Bleichung eingetreten zu sein, dass ich die Papierstreifen noch nicht abnahm. An diesem Tage stand mir ein Eulenauge zu Gebote, von dem ich etwas Pigment an demselben Orte dem Lichte exponirte. Dasselbe wurde mit einem weichen Pinsel aus dem frischen Auge aufgenommen, mit verdünnter Gummilösung auf eine Milchglasplatte aufgetragen und ebenfalls zum Theil mit schwarzem Papier verdeckt. Am 22. October wurden alle drei Präparate geöffnet und ergaben folgenden Befund: Bei dem Pigment vom Frosch und vom Huhn zeigte sich kein erkennbarer Unterschied. Bei beiden war überhaupt die Differenz zwischen den belichteten und nicht belichteten Stellen eine sehr geringe. Man konnte nicht einmal mit Bestimmtheit eine scharfe Grenze angeben, welche den Rändern des Papierstreifens hätte entsprechen müssen, nur die nicht belichteten Theile der mittelstark aufgetragenen Streifen waren etwas heller. Dies Resultat erklärt sich aus dem meist trüben Wetter während der Expositionszeit. Trotz dessen war das Resultat an dem Pigmente des Eulenauges ein viel besseres. Einmal stellte sich die vom Papiere bedeckte Stelle als ein scharfes dunkles Band dar, welches auch

bis in die am dicksten aufgetragenen Lagen zu verfolgen war, sodann hatte das belichtete Pigment im Gegensatz zu dem violettbraunen Aussehen des nichtbelichteten eine mehr braungelbe Nuance. Wenn man bedenkt, dass das Eulenaugenpigment an demselben Orte wie das der andern Thiere nur kürzere Zeit dem Lichte exponirt war, so wird man nach diesem Befunde berechtigt sein, demselben eine grössere Lichtempfindlichkeit zuzuschreiben.

Eine weitere Versuchsreihe schloss sich an die von *Kühne* gemachte Beobachtung an, dass bei dem Pigment in den feuchten Präparaten, zu denen der atmosphärische Sauerstoff keinen oder wenigstens sehr beschränkten Zugang hatte, die Bleichung sehr unbedeutend ausfiel; es musste also zunächst untersucht werden, wie sich das Pigment in verschiedenen Flüssigkeiten bei Anwesenheit von Luft gegen die Sonne verhielt. Zu dem Ende wurde das Pigment mit $^1/_2$ pCt. Kochsalzlösung, 0,2 pCt. Salicylsäure, Natronlauge und 1 pCt. Sodalösung in Glasröhrchen eingeschmolzen; dabei wurde so wenig Flüssigkeit genommen, dass das meiste an der Wandung haftete und so dem Zutritte der Luft eine grosse Oberfläche geboten war. Die alkalischen Lösungen wurden ausserdem im Wasserbade solange erhitzt, bis sie eine braune Farbe angenommen hatten. Nach zweimonatlicher Exposition wurden die Röhrchen mit gleichen, im Dunkeln gehaltenen verglichen, wobei sich bedeutende Unterschiede herausstellten. Von den letzteren hatte nämlich keines die geringsten Veränderungen erlitten, während die exponirten solche, allerdings in verschiedenem Grade aufzuweisen hatten. Am wenigsten zeigte sich das Salicylsäurepräparat verändert; die Flüssigkeit war hellbraun, so dass etwas unter dem Einflusse des Lichtes in Lösung gegangen sein musste, an dem suspendirten Pigmente war keine deutliche Aenderung wahrzunehmen; in der Kochsalzlösung und in der Natronlauge dagegen war der Unterschied gegen die nicht belichteten Präparate ein sehr bedeutender, indem in beiden die suspendirten Theilchen

vollständig gebleicht waren, während die Flüssigkeiten noch eine schwach gelbe Farbe hatten. In der Sodalösung war die Veränderung nicht so auffallend; die Lösung war hellbraun geworden und die Pigmenttheilchen nicht vollständig gebleicht, wenn auch sehr deutlich abgeblasst. Ich muss dieses Resultat auf die Kleinheit des angewandten Röhrchens beziehen, in welchem offenbar nicht hinreichend Sauerstoff vorhanden war, um die völlige Bleichung zu bewerkstelligen, da eine solche erzielt wurde, als ich zu einem zweiten Versuche ein weiteres Rohr anwandte, in welchem sogar die Flüssigkeit ganz farblos wurde. Es scheint übrigens im Allgemeinen einmal gelöstes Pigment etwas schwerer zu bleichen als Pigment in Substanz. Wie in der eben mitgetheilten Versuchsreihe die Kochsalzlösung und die Natronlauge noch schwach gelb gefärbt waren, während die Pigmentkörnchen vollständig weiss geworden waren, so hatten auch in jenen Tellern, die mit $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung der Sonne exponirt waren und in denen, wie jetzt leicht verständlich sein wird, die oben erwähnte weitere Veränderung in einem allmäligen Abblassen bestand, Wochen nicht genügt, um die Lösung vollständig zu entfärben. Da zu Anfange bei diesem Versuche zu erwarten war, dass sich immer neue Mengen von dem Pigment lösten und eine etwa eingetretene Bleichung der Lösung verdeckten, so goss ich am 4. Tage, zu welcher Zeit ungefähr dieselbe am dunkelsten war, die Lösung von einem der Teller ab, filtrirte sie und schloss einen Theil davon mit einer gehörigen Menge Luft in ein Glasrohr ein. Dem Lichte exponirt blich sie allmälig ab, behielt aber doch nach zwei Monaten noch eine hellgelbe Farbe.

Nachdem oben gezeigt worden, dass die Bleichung des Pigmentes auch im feuchten Zustande von Statten gehe, falls Luft zugegen ist, so dass auch hier oxydative Processe anzunehmen waren, war hier ebenfalls zu untersuchen, was durch kräftige Oxydationsmittel erzielt werden konnte und es wurde desshalb

wieder das Ozon gewählt. Ich habe schon oben erwähnt, dass an dem in Wasser oder $^1/_2$ pCt. Pottasche suspendirten Pigmente weder im Dunkeln noch im Hellen eine Veränderung wahrzunehmen war, und dies gilt auch hinsichtlich der Bleichung, bei alkalischer Pigmentlösung jedoch verhielt sich die Sache anders. Schon bei der Einwirkung des Ozons im Dunkeln war nach $1^1/_2$stündigem Durchleiten ein allerdings geringes, aber doch deutliches Abblassen der Farbe zu erkennen, im grellen Sonnenscheine aber war die Einwirkung des Ozonstromes in derselben Zeit eine sehr erhebliche. Ich benutzte zu dem Versuche die an der Sonne entstandene und filtrirte $^1/_2$procentige Pottaschelösung, mit der ich 3 kleine Probirröhrchen anfüllte; durch eines wurde an der Sonne ein Ozonstrom geleitet, das zweite ohne Ozon dem Lichte exponirt und das dritte im Dunkeln gehalten. Nach Beendigung des Versuchs war zwischen den beiden letzten noch kein Unterschied wahrzunehmen, in dem ersten dagegen war schon nach einer Stunde die Farbe bis auf ein ganz leichtes Gelb geschwunden, nun aber schien ein Stillstand eingetreten und die vollständige Entfärbung der Flüssigkeit konnte nicht erzielt werden.

Es blieb schliesslich noch zu untersuchen, ob beim völligen Entziehen des Sauerstoffs die Bleichung auch vollständig ausbliebe, und dies ist in der That der Fall. Ich hatte eine Serie von Glasröhrchen zwei Monate lang der Sonne exponirt, die zum Theil Luft enthielten, während diese aus andern durch Auskochen oder Durchleiten von Kohlensäure verdrängt war. Ich habe zwei dieser Präparate gelegentlich erwähnt, das eine war die mit Luft eingeschlossene Sodalösung, bei der Pigment sowohl als Lösung vollständig gebleicht waren, das andere jene Sodalösung, in welcher trotz dem Einleiten von Kohlensäure etwas von dem Pigment in Lösung gegangen war und der Flüssigkeit eine bernsteingelbe Farbe ertheilt hatte; hier muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Bernsteinfarbe der Flüssigkeit sowohl wie die Farbe

des Pigmentes nach so langer Zeit vollständig erhalten waren; ebensowenig war in dem Sodapräparate, welches luftleer eingeschlossen war, die geringste Bleichung zu bemerken. Etwas geringer fiel die Bleichung desjenigen Pigmentes aus, welches in Wasser suspendirt war. Allerdings war auch hier zwischen dem luftführenden Röhrchen einerseits und dem luftleeren oder mit Kohlensäure gefüllten andererseits ein sehr bedeutender Unterschied wahrzunehmen; die beiden letzteren sahen nach der Belichtung noch genau so aus wie vorher; die Flüssigkeit war ganz farblos und das Pigment durchaus unverändert geblieben; in dem luftführenden hatte das Wasser eine ganz leicht gelbliche Farbe angenommen, das Pigment aber war, wenn auch nicht vollständig gebleicht, so doch in den grösseren Partikelchen hellbraun, in den kleineren hellgelb geworden. Endlich wurde auch von jener Pigmentlösung, welche in $^1/_2$pCt. Pottasche an der Sonne entstanden war, in ein Röhrchen eingeschlossen, aus dem die Luft durch Kohlensäure verdrängt war und auch auf diese war der weitere Einfluss der Sonne machtlos geblieben.

Da der Einfluss des Lichtes in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff auf das braune Pigment des Auges als ein so auffälliger erkannt war, lag es nahe, auch andere Farbstoffe, denen man einen Werth für den Sehact beizulegen berechtigt ist, in ähnlicher Weise zu untersuchen. Ich habe begonnen dies für die farbigen Kugeln der Zapfen der Vogelretina auszuführen und hatte die Freude, gleich beim ersten Versuche einen solchen Einfluss constatiren zu können. Eine Taubenretina wurde herauspräparirt und in Streifen zerschnitten, derart, dass jeder Streifen eine gelbe und eine rothe Hälfte hatte; dieselben wurden sodann auf Deckgläschen ausgebreitet und antrocknen gelassen. Diese Deckgläschen wurden nun auf einem Wattepolster in Glasröhrchen eingeschoben, von denen das eine sofort, das andere erst nach dem Durchleiten eines kräftigen Kohlensäurestromes zugeschmolzen

worden und beide hierauf dem Lichte exponirt. Schon nach zwei Tagen war die mit Luft eingeschlossene Retina in ihren gelben sowohl als ihren rothen Partien fast vollständig entfärbt, während an der in Kohlensäure befindlichen keine Spur von Bleichung wahrgenommen werden konnte. Ich hoffe in einer späteren Mittheilung noch weitere Angaben über diesen Gegenstand, sowie auch über das braune Pigment des Auges geben zu können.

# Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

Eine einheitliche oder diffuse Drüsenmasse besorgt bei Arthropoden, Mollusken und Würmern die Production aller erforderlichen Verdauungsenzyme und versieht ausserdem vielleicht auch eine excretorische Thätigkeit[1]). Alle Modificationen, welche die Verdauungsvorgänge in dem Thierreiche erfahren können, liessen sich voraussichtlich auf diese Functionscombination zurückführen.

Ich vermuthete, dass die Summe der Leistungen jenes enzymbildenden Organes, der sogenannten Leber, welche in einigen Klassen der Mollusken und Arthropoden am bedeutendsten zu sein schien, bei niederen Thierformen durch den Ausfall dieser oder jener Function sich vermindere, dass sie bei höhern Typen auf mehrere Organe sich vertheile. Schon verhältnissmässig hoch organisirten Formen [2]) schienen nothwendige Verdauungsenzyme vollständig zu fehlen, und die Vermuthung lag nicht fern, dass bei diesen Thieren zur Zeit unbekannte Verhältnisse chemischer oder physikalischer Art die Enzyme entbehrlich machen.

Die Ausdehnung meiner Versuche auf weitere Arten und Classen der Wirbellosen hat aber wider Erwarten zu dem Er-

[1]) Vergleichend physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II. S. 1—45.

[2]) Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

gebnisse geführt, dass die Enzyme auch sehr niedrig organisirten Lebewesen nicht nothwendig fehlen, während eine Ausscheidung enzymatischer Secrete im Dienste der Verdauung bei vielen Evertebraten allerdings nicht nachzuweisen ist.

Die fundamentale Frage, ob die enzymatischen Verdauungsvorgänge bei den höhern Thieren auf das Verdauungsrohr in ihrem Vorkommen beschränkt sind, oder ob auch in den Körpergeweben selbst die resorbirten Stoffe eine weitere Spaltung durch Enzyme erfahren, ist erst durch *Kühne*'s Untersuchungen [1]) ihrer Lösung entgegengeführt. Während schon früher *Brücke* Pepsin in Muskeln und Harn nachweisen konnte, ergaben *Kühne*'s zahlreiche Versuche, dass das Pepsin wie das diastatische Enzym sich keineswegs nur in dem Verdauungsapparate finden, dass das Trypsin aber in den Körpergeweben und Körpersäften ausserhalb des Darmes vermisst wird. Nach diesen Befunden wird die Annahme berechtigt erscheinen, dass bei den höhern Vertebratenformen, wo das Blut, die Lymphe und die Gewebssäfte eine alkalische Reaction besitzen, die enzymatischen Verdauungsvorgänge an Eiweissstoffen wenigstens unter normalen Verhältnissen auf den Darmtractus in ihrem Vorkommen beschränkt sind.

In dem Gewebe der Spongien findet sich wie bei Aethalium septicum [2]) ein peptisches Enzym, aber von wesentlich andern Eigenschaften als das der Myxomyceten. Es kamen Suberites domuncula, Chondrosia reniformis, Geodia gigas und Hircinia variabilis zur Untersuchung [3]); die Glycerinauszüge zeigten bei allen Arten in Lösungen der verschiedenen Säu-

---

[1]) *W. Kühne*, Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Verhandl. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Band II. Heft 1.

[2]) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne. Untersuchungen a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band II. Heft 3. S. 273.

[3]) Ueber die Ausführung meiner Versuche sei Folgendes bemerkt: Das Untersuchungsmaterial wurde von mir selbst im März und April d. J.

ren ein gleiches Verhalten, welches aus der zugehörigen Tafel ersichtlich ist. Gekochtes Fibrin liess sich aber durch das Schwammpepsin nicht verdauen, und die Rapidität der Wirkung auf rohes macht es zweifelhaft, ob dieses negative Resultat nur auf einen geringen Enzymgehalt des Schwammgewebes zurückzuführen ist. Die Oxalsäure, in schwachen Lösungen, wie jede andre der versuchten Säuren, die verdauende Wirkung des Schwammpepsins ermöglichend, wirkt bei stärkerer Concentration (2—4 pCt.)

---

in Triest zubereitet und theils in Glycerin, theils in absolutem Alkohol, welcher anfangs mehreremale erneuert wurde, aufbewahrt. Die Versuche mit den Verdauungssäften wurden in Triest angestellt; die Versuche mit den Organauszügen und die mikroskopischen Beobachtungen, welche nur den Zweck verfolgten, die An- oder Abwesenheit von Drüsen darzuthun, an den mitgebrachten Alkoholpräparaten im physiologischen Institute zu Heidelberg.

Controlversuche, ausgeführt mit den gekochten Extracten und der nämlichen Zusatzflüssigkeit, begleiteten sowohl die fibrinverdauenden als die die Stärke saccharificirenden Versuche. Nur einige Bestimmungen, bei denen Weinsäure als Zusatz diente, konnten wegen Mangel an Material nicht in dieser Weise controlirt werden; doch dürften hierdurch die Resultate kaum beeinflusst werden.

Die Versuche über die Fibrinverdauung wurden bei einer Temperatur von 36—40° C. ausgeführt. Die Digestion währte nur (in den im Text besonders angegebenen Fällen) ausnahmsweise länger als 48 Stunden; für gewöhnlich genügten, wenn überhaupt eine fibrinverdauende Wirkung des Organauszuges vorhanden war, wenige Stunden, um ein positives Resultat zu erzielen.

Zu den Versuchen, welche über das Vorkommen von Diastase entscheiden sollten, dienten die durch Dialyse gereinigten Auszüge; doch braucht kaum bemerkt zu werden, dass vorher mit den directen, nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen experimentirt, und das Ergebniss für entscheidend angesehen wurde, wenn dasselbe ein constantes war, und der Controlversuch dessen Richtigkeit ausser Frage stellte. Die diastasische Wirkung wurde an gekochter Stärke nach einer 2—3stündigen Digestion bei 38—40° C. und die Saccharification durch die *Trommer*'sche, bei einem negativen Ergebnisse ausserdem noch mit der *Böttcher*'schen Probe geprüft.

Alle im Text referirten Versuche wurden mehrfach von mir ausgeführt, oft mit verschiedenen Extracten (Glycerin-, wässeriger-, Säureauszug) und mit den Organen von verschiedenen Individuen. Das gilt besonders von den untersuchten Echinodermen, welche mir in grosser Menge zur Verfügung standen.

der Lösung zerstörend auf das Enzym. Die zur Erhärtung dieses Satzes angestellten Versuchsreihen sind dieselben, welche bei dem Conchopepsin zu dem gleichen Resultate führten[1]), und auf welche ich wohl verweisen darf. Ein diastatisches Enzym[2]) konnte ich in den durch Dialyse im fliessenden Wasser von den die Zuckerprobe sehr beeinträchtigenden Pigmenten und Peptonen befreiten Glycerinauszügen des Spongiengewebes bei Hircinia variabilis[3]) und Chondrosia reniformis nachweisen, während ein solches bei Suberites domuncula vermisst wurde.

Presste ich die Schwämme mit der Hand stark aus, sodass ich erwarten durfte, den Inhalt der sogenannten Gastrovascularräume ziemlich vollständig ausgedrückt zu haben, so bekam ich eine neutrale Flüssigkeit, welche sich beim Kochen und auf Zu-

---

[1]) Vergleichend-physiolog. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 11 ff.

[2]) Das Vorkommen der Diastase neben Pepsin und selbst, wie es am prägnantesten beim Flusskrebs zu demonstriren ist, in sauren Secreten veranlasste mich, auch einige Versuche darüber anzustellen, ob das diastatische Enzym in diesem Vorkommen eine gewisse Immunität gegen verdünnte Säuren besitzt, in welchen die Diastase des Speichels und des Pankreas auf gekochte Stärke unwirksam ist. Diese Versuche habe ich ausser mit dem Glycerinauszuge von Hircinia variabilis noch mit dem wässerigen Extracte der Leber von Astacus fluviatilis ausgeführt und mich überzeugt, dass sich auch die Diastase dieser Thiere in 0.1 pCt. HCl als vollkommen unwirksam erweist; in dem zwar auch constant deutlich sauren Lebersecrete vermag sie beim Krebse aber sehr wohl gekochte Stärke in wenigen Minuten zu saccharificiren. In Milchsäurelösungen von 0.5—2 pCt., in Weinsäure von 1 pCt. und in Essigsäure von 0.5 pCt. hatte weder das diastatische Enzym von Hircinia variabilis noch das aus der Astacusleber seine Wirkung auf gekochte Stärke eingebüsst.

[3]) Nicht ohne Interesse dürfte die ausgezeichnete Fluorescenz sein, welche das Glycerinextract von Hircinia variabilis besonders im grünen Lichte zeigt. Im Spectrum dieses Auszuges erscheint (bei einer Verdunkung bis dicht vor a und am violetten Ende schwach zunehmend von F bis G) dicht hinter D ein tief dunkles Absorptionsband. Ein schwächer markirter Streifen findet sich unmittelbar vor F. Mit zunehmender Concentration der Lösung erfolgt vom violetten Ende her eine Verdunklung des Spectrums bis D, während die Absorptionsgrenze vor a constant bleibt.

satz von Salzsäure oder Essigsäure nicht trübte. Kalilauge rief in derselben einen weissen Niederschlag hervor, welcher sich beim Glühen nicht schwärzte und also nur aus anorganischen Stoffen bestand. Ebensowenig gelang mir mittelst Natronlauge und Kupfervitriol die Pepton- oder Eiweissreaction, und eine eiweissverdauende Wirkung in 0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure oder 2 procentiger Sodalösung war gleichfalls nicht zu erzielen. Es verhielt sich der Presssaft aus den Schwämmen wie Meerwasser, und alle Versuche, einen experimentellen Anhalt für die Production von Verdauungssäften zu gewinnen, blieben bei den Spongien ebenso erfolglos wie bei den Actinien, Acalephen und Alcyonien. Unter anderm habe ich mit einer feinen Pipette den flüssigen Inhalt des cölenterischen Raumes einer lebenden Aurelia aurita gesammelt und finde denselben wie den 2 procentigen Soda- oder 0.1 procentigen HCl-Auszug eines Ballens von Filtrirpapier, welcher in diesem Raume etwa 40 Stunden verweilt hatte, nach 4 Tagen ohne jede eiweissverdauende Wirkung, sowohl in saurer (0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure) als in alkalischer (2 procentiger Soda-)Lösung. Auch in den Gastrovascularraum einer lebenden, grossen Aurelia aurita gebrachtes rohes Fibrin war nach 24 Stunden noch sichtlich unverändert.

Die meinen Resultaten scheinbar widersprechenden Angaben, denen zu Folge Fische wie Crustaceen von mehr als Zolllänge, trotzdem sie zum Theil aus der Mundöffnung hervorragten, bis auf das Skelet in den Magensäcken der Cölenteraten vollständig verdaut waren [1]), finden in einer eingetretenen Selbstverdauung

[1]) Derartige Beobachtungen können für eine Production von Verdauungssecreten selbstverständlich nichts beweisen, weil die Organismen, welche man von den Cölenteraten aufgenommen sah, in ihrem Körper selbst reichlich Verdauungsenzyme enthalten, mittelst deren ihre Leibessubstanz ebenso vollständig als durch secundär hinzugemischte verdaut werden kann. Cf. z. B. *Bronn* (Klassen und Ordnungen des Thierreiches. Bd. II. 1860. S. 106) über Physalia.

des Aufgenommenen ihre Erklärung, und die oft constatirte Thatsache, dass Quallen von andern Quallenarten gefressen werden, wird auf Resorption beruhen und nicht die Folge einer enzymatischen Verdauung sein. In Erwägung der Thatsachen, dass z. B. bei Rhizostomum Cuvieri die Mundöffnung nur in der Jugend vorhanden, später zugewachsen ist, und dann die Aufnahme der Nahrung durch Saugröhren, ähnlich wie bei den Acineten erfolgt, dass die weite Mundöffnung bei anderen Cölenteraten und der Wasserstrom, welcher die cölenterischen Räume der Spongien durchspült, eine ausgiebigere Secretproduction sehr wenig nutzbringend erscheinen lassen, wird die Möglichkeit am meisten für sich haben, auf welche mich Herr Geh. Rath *Kühne* aufmerksam machte, dass viele Cölenteraten auf die Enzyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass mittelst dieser vorzugsweise die Verflüssigung der Nahrung in den cölenterischen Räumen dieser Thiere erfolgt. Das Körpergewebe ist aber wenigstens bei einigen Arten unter den höheren Cölenteraten nicht weniger mit Enzymen geschwängert, als das der Spongien.

So finde ich z. B. bei Anthea viridis einen bemerkenswerthen Enzymgehalt in den verschiedensten Organen, und merkwürdigerweise sind die enzymatischen Eigenschaften der Auszüge von den Septen und Tentakeln andere, als die des Auszuges von den halskrausenartigen Geschlechtsdrüsen. Das Glycerinextract von den Septen des cölenterischen Raumes besass keine eiweissverdauende Wirkung in neutraler wässriger und 2 procentiger Sodalösung; wohl aber wirkte es in 1—2 Stunden auf rohes Fibrin in 0.1—0.2 pCt. HCl, 1—4 pCt. Weinsäure und 0.5—4.0 pCt. Milchsäure verdauend ein; ein negatives Resultat ergab sich zwar auch in den Oxalsäure- (0.5—4 pCt.) und Essigsäure- (1 pCt.) haltigen Lösungen. Ebenso unwirksam in alkalischer und neutraler Flüssigkeit erwies sich das Enzym der Tentakeln, welches nicht weniger rasch in 0.2 procentiger HCl rohes Fibrin verdaute.

Unter den Verdauungsproducten befanden sich reichlich Peptone, nachweisbar in dem Dialysate durch das *Millon*'sche Reagens sowie durch Natronlauge und Kupfervitriol, und in der verdauten Flüssigkeit entstand ein starker Neutralisationsniederschlag.

Die Geschlechtsdrüsen von Anthea enthielten, wie analoge Verdauungsversuche mit den Glycerinauszügen ergaben, von Enzymen dieser Art nichts; sie enthielten aber ein tryptisches Enzym, welches rohes (kein gekochtes) Fibrin unter Bildung von Peptonen in einer 2procentigen Sodalösung und in Wasser bei neutraler Reaction in etwa 4 Stunden verdaute. Diastase war bei Anthea in keinem dieser Auszüge auch ohne vorhergegangene Dialyse durch eine saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke nachzuweisen.

Bei Alcyonium palmatum gelang die Extraction von eiweissverdauenden oder gekochte Stärke diastatisch verändernden Enzymen durch eine Behandlung des lebenden Gewebes aus dem Cönenchym wie einer grossen Anzahl aus dem gemeinsamen Stamme herausgedrückter Einzelpolypen mit Säure (0.2 pCt. HCl), Sodalösung (2 pCt.), Wasser oder Glycerin nicht. Der Presssaft aus den Geweben (auf einen Gehalt von 2 pCt. Essigsäure, 0.2 pCt. Soda gebracht) war ebenfalls in saurer und alkalischer Lösung dem rohen Fibrin gegenüber unwirksam.

Allen Vermuthungen über eine functionelle Bedeutung dieser Enzyme in den Geweben der Cölenteraten fehlt eine sichere Grundlage. Meine Untersuchungen beweisen zur Zeit nur, dass die Enzymproduction bei diesem Evertebratentypus keineswegs in der Weise localisirt und der Darmverdauung nutzbar gemacht ist, wie bei Arthropoden und Mollusken. Zwischen den letztgenannten Typen der Wirbellosen und den Cölenteraten bilden die Verhältnisse, welche ich bei den Echinodermen antreffe, ein ausgezeichnetes Bindeglied.

Bei Synapta digitata, an deren Darm ebenfalls

*Baur* [1]) keine Drüsen bemerken konnte, gelang mir weder durch die wässerige noch durch die Glycerinextraction die Gewinnung eines in saurer oder alkalischer Lösung rohes Fibrin verdauenden Enzymes. Diastase war durch die saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke in dem durch Dialyse gereinigten Darmglycerinauszuge nachzuweisen.

Der flüssige und neutrale Darminhalt von Holothuria tubulosa verdaute grosse Mengen rohen Fibrins unter Bildung von Peptonen in wenigen Stunden. Merkwürdig ist es desshalb, dass mir eine Enzymgewinnung aus dem gereinigten Darme der Holothuria nicht gelang, obgleich zur Glycerinextraction der ganze Darm von 7 grossen Exemplaren Verwendung fand. Weder in Essigsäure, Weinsäure und Salzsäure verschiedener Concentrationen noch in 2procentiger Sodalösung liess sich eine Wirkung auf rohes Fibrin bei 20—40° C. erkennen, und diastatisch wurde gekochte Stärke durch den Glycerinauszug nicht verändert. Die mikroskopische Untersuchung von Schnitten aus dem Anfangs-, Mittel- und Endtheile des Darmes lieferte gleichfalls keine Beweise für das Vorhandensein secretorischer Organe in dem Darmrohre. Ebenso führten alle Versuche, aus den *Poli*'schen Blasen, den *Cuvier*'schen Organen, den Wasserlungen, dem Blute der Holothuria Enzyme zu extrahiren, nur zu negativen Resultaten, und es muss desshalb zweifelhaft erscheinen, ob das tryptische Enzym im Darminhalte der Holothuria aus der aufgenommenen Nahrung stammt, oder ob die Enzymbildung langsam und die Ausscheidung der Secrete so rasch erfolgt, dass in den secretorischen Bezirken nur höchst geringe Mengen davon vorhanden sind, oder ob bei einer bedeutenderen enzymatischen Secretproduction die Enzyme aus den Geweben durch die angewandten Extractionsmittel nicht in Lösung zu bringen sind. Letzterer Ueberlegung

[1]) *A. Baur*, Beiträge z. Naturgeschichte der Synapta digitata. Erste Abhandlung. Zur Anatomie der Synapta digitata. Dresden 1854, S. 27.

stehen erhebliche Bedenken entgegen, welche sich bei nahe verwandten Arten (Cucumaria Planci) offenbaren. Aber auch bei Holothuria tubulosa findet sich in einem extraintestinalen Organe reichlich Pepsin. Die linke Hälfte der Wasserlungen wird bekanntlich bei den Aspidochiroten von einem Blutgefässnetz innig umsponnen, und das Glycerinextract dieses Geflechtes enthält ein peptisches, kein in 2procentiger Sodalösung Eiweissstoffe verdauendes tryptisches Enzym und keine Diastase. Das peptische Enzym verdaut rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 0.4—4 pCt. Milchsäure, 0.5—2 pCt. Essigsäure, 4 pCt. Weinsäure und ist auch nicht ganz unwirksam in 0.5procentiger Oxalsäure; in 4procentiger Oxalsäurelösung wurde das Fibrin aber nicht mehr peptisch verändert [1]). Im Verlaufe einer Stunde wurde rohes Fibrin in 0.2procentiger HCl regelmässig verdaut.

Dass dieses Pepsin nicht von dem Darme aus resorbirt worden ist, wird damit verbürgt, dass das ganze Darmrohr stets enzymfrei gefunden wurde. Die Blutgefässe müssen an dieser Stelle drüsige Elemente enthalten, welche die Enzymproduction selbst besorgen. Das Glycerinextract und der Inhalt der Darmgefässe von Holothuria tubulosa besitzt in sauren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin; die Enzyme gelangen demnach aus den Blutgefässdrüsen auf secretorischem Wege nicht in das schleimige Blut. Die functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes in dem Geflechte, welches bei der Holothuria die Blutgefässe mit der einen Wasserlunge bilden, ist ebenso unverständlich wie das Vorkommen des Pepsins im Körpergewebe der Spongien und Cö-

---

[1]) Diese Verhältnisse schon ahnend, bemerkt *C. Semper* (Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Bd. I. Holothurien. 1868, S. 101) Folgendes: „Besondere drüsige, der Leber etc. zu vergleichende Organe fehlen den Holothurien gänzlich; dagegen treten die Wassergefässe sowohl wie die Blutgefässe in eigenthümliche Verbindung mit bestimmten Theilen des Darmes.

lenteraten. Ich hatte während meines Triestiner Aufenthalts versäumt, die Reaction des Blutes bei den Holothurien zu prüfen. Herr Dr. *E. Græffe*, welchem ich in so vielfacher Weise zum Danke verpflichtet bin, hat die Güte gehabt, dieselbe festzustellen. Er findet sie einer brieflichen Mittheilung nach bei Holothuria tubulosa meist neutral, doch scheint das Blut unter Umständen auch eine schwach saure Beschaffenheit annehmen zu können, und dadurch würde die Bedingung erfüllt sein, welche das peptische Enzym wirkungsfähig werden lässt.

Während bei Holothuria tubulosa kein den Mollusken- und Arthropodenlebern functionell gleichwerthiges Organ nachzuweisen war, ist ein solches bei Cucumaria Planci in den vordern, dunkelgelben, langen Darmanhängen gegeben. Das Glycerinextract dieser Schläuche verdaute rohes (kein gekochtes) Fibrin in neutraler, alkalischer (2procentiger Sodalösung) und saurer (0.2procentiger HCl, 0.5procentiger Oxalsäure, 1.0—4.0procentiger Weinsäure und 0.5—4.0procentiger Essigsäure) Lösung bei 40° C. im Laufe von 2—3 Stunden. Aus den Wasserlungen, den *Poli*'schen Blasen und den *Cuvier*'schen Organen konnten auch bei Cucumaria durch Glycerinextraction keine enzymatische Flüssigkeiten erhalten werden; weder gelang mit diesen Auszügen die Saccharificirung gekochter Stärke, noch die Verdauung rohen Fibrins in saurer oder alkalischer Lösung.

Die dottergelben Darmanhänge der Cucumaria finden ein vollständiges Analogon in den Lebern der Asteriden. Der wässrige — wie der Glycerinauszug aus den Seesternlebern, den sogenannten Radialanhängen des Darmes, übte eine peptische und tryptische Wirkung auf rohes Fibrin aus und saccharificirte wie das Glycerinextract der Cucumarialebern gekochte Stärke. Meine Untersuchungen wurden ausgeführt an Astropecten aurantiacus und an Asteracanthion glacialis. Aus den Lebern beider Seesterne ließen sich dieselben Enzyme gewinnen,

welche bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten die gleichen Eigenschaften äusserten. Ich erhielt eine fibrinverdauende Wirkung in thymolisirter 2procentiger Soda- und in thymolisirter neutraler, wässriger Lösung (tryptisches Enzym), in 0.5—4.0procentiger Weinsäure (in der 4procentigen und 1procentigen Lösung war das Fibrin bereits nach einer halben Stunde verdaut, während die Verdauung in 0.5procentiger Weinsäure einige Stunden erforderte), 0.5—4.0procentiger Milchsäure, 0.2procentiger HCl und in 1—4procentiger Essigsäure, während die Wirkung in 0.5procentiger Essigsäure und 0.5—1.0procentiger Oxalsäure äusserst gering war. In der thymolisirten Sodalösung wurde von dem tryptischen Enzyme unter Bildung von Peptonen auch gekochtes Fibrin verdaut: eine Eigenschaft, welche meinen Untersuchungen zufolge dem Molluskentrypsin fehlt. Eine Verdauung von gekochtem Fibrin bei Säurezusatz liess sich nicht erzielen.

Trotzdem bei den Seesternen wohlentwickelte Drüsenmassen alle für die Verdauung nothwendigen Enzyme liefern, ist die Localisation der Enzymbildung doch auch hier keine vollständige. Das Glycerinextract wie der wässrige Auszug der sogenannten *Tiedemann*'schen Körperchen enthalten dasselbe peptische Enzym wie die Asteridenlebern, während das tryptische in diesen Drüsen fehlt. Die Möglichkeit, dass das in diesen Drüsen nachweisbare Pepsin vom Magen aus resorbirt wurde, ist meiner Ansicht nach durch das Fehlen des tryptischen Enzymes in den *Tiedemann*'schen Körperchen ausgeschlossen. Durch die alkalische Leibesflüssigkeit würde das Pepsin sicherlich auch viel eher zerstört worden sein als das tryptische Enzym, an welchem das Lebersecret der Asteriden viel reicher ist als an Pepsin. Sehr reich an Diastase waren die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus; sie konnte in dem Glycerinauszuge von nur vier dieser Drüschen nach der mehrfach von

mir beschriebenen[1]) Methode leicht nachgewiesen werden. Aus dem in fliessendem Wasser längere Zeit ausgewaschenen Darme von Astropecten war ebenfalls durch Glycerin ein peptisches Enzym zu gewinnen, welches in Milchsäure (0.5—4 pCt.), Weinsäure (1—4 pCt.), Essigsäure (0.5—2 pCt.) und in 0.2 procentiger Salzsäure Flocken rohen Fibrins in wenigen Stunden vollständig verdaute. Der Beweis für das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme (eines tryptischen und eines peptischen) in den Asteridenlebern wurde in derselben Weise geführt, wie für die Lebern von Astacus fluviatilis, den Cephalopoden und Limaciden. Auch dieses Pepsin wird durch eine eintägige Digestion mit einer 0.2 procentigen Sodalösung zerstört und ebenso das tryptische durch Digestion mit einer 0.2 procentigen HCl. Entfernt man die Zusatzflüssigkeiten nach genügender Einwirkung auf dialytischem Wege, so erhält man enzymatische Lösungen, frei von peptischen Eigenschaften in 0.2 procentiger HCl und in organischen Säuren von höherer Concentration resp. tryptisch unwirksame Flüssigkeiten ohne fibrinverdauende Eigenschaften in 2 procentiger Soda oder bei neutraler Reaction.

Von den Echiniden gelangten Toxopneustes lividus[2]) und brevispinosus lebend und in hinreichender Menge zur Untersuchung. Der im Darme angesammelte Verdauungssaft, ohne ausgeprägte saure oder alkalische Reaction, verdaute rohes Fibrin in alkalischer (2 pCt. Soda) und saurer (0.2 pCt. HCl) Lösung in 2—3 Stunden. Mittelst der Darmglycerinauszüge beider Toxopneustesarten wurden die Eigenschaften bei Zusatz von organischen Säuren ermittelt, welche wesentlich mit denen des pep-

---

[1]) l. c. S. 43.

[2]) Der alkalische Auszug des intensiv roth gefärbten Darmes von Toxopneustes lividus zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor a resp. bis zwischen E und D einen deutlichen Absorptionsstreifen dicht hinter a, der Lage nach identisch mit dem des alkoholischen Extractes von Comatula mediterranea.

tischen Enzymes bei den Asteriden übereinstimmen und in der Tabelle verzeichnet sind. Diastase war in den Darmglycerinauszügen beider Arten nachweisbar.

Bei den Echiniden dürfte somit die Existenz einer Darmsecretion nachgewiesen sein, da das Glycerinextract stets von wohl gereinigten Därmen angefertigt wurde, und die Eigenschaften desselben die nämlichen sind als die des natürlichen Verdauungssaftes. Dieses Ergebniss ohne Weiteres auf die Holothurien, deren Darmgewebe von mir enzymfrei gefunden wurde, zu übertragen, muss als unzulässig gelten; weitere ausgedehnte Versuchsreihen mit dem Darme der Holothurien lassen die erkannten Verhältnisse bei den Echiniden aber sehr wünschenswerth erscheinen.

Ist nach den mitgetheilten Ergebnissen eine nachträgliche Verdauung des Resorbirten in den Gefäßdrüsen und andern extraintestinalen Organen bei den niedern Evertebraten nicht ganz unmöglich, so fehlt bei den Würmern, Arthropoden und Mollusken jeder experimentelle Nachweis einer weitern enzymatischen Veränderung des Aufgenommenen, speciell der Eiweisssubstanzen, ausserhalb des Verdauungsapparates.

Bei einigen Vertretern der verschiedenen höheren Evertebratenklassen [1]) findet sich aber eine Einrichtung des Verdauungsapparates so seltsam und abweichend von allem sonst Bekannten, dass sie hier nicht unerörtert gelassen werden darf. Es sind dies Erweiterungen der Lebergänge, beträchtlich genug, um den Chymus aus dem Darmrohre in sie eintreten zu lassen. Doch werden da, wo die Gallensecretion eine stetige ist, oder wo

---

[1]) Darmanhänge dieser Art finden sich unter den Würmern z. B. bei Planarien und Trematoden; bei den Aeolidiern unter den Mollusken, und bei den Araneinen und Pycnogoniden unter den Arthropoden (cf. F. *Plateau*, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. p. 98).

Sphincteren den Lebergang am intestinalen Ende verschliessen können, dem Eintreten von Nahrungsstoffen unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen. Die letzteren Factoren sind in der umfangreichen Literatur über den Phlebenterismus nicht genügend berücksichtigt, und es ist desshalb eine kurze Auseinandersetzung dieser Verhältnisse hier erforderlich.

Lässt sich nachweisen, dass der Speisebrei in die erweiterten Lebergänge eintritt, dass in ihnen noch verdaut und resorbirt wird, dann bediene ich mich der Bezeichnung: Canales hepato-intestinales [1]). Diese Gebilde deuten wohl am sichersten auf eine gegenseitige functionelle Beziehung zwischen der Darm- und Gefässentfaltung hin.

Dass in die Darmanhänge der Aeolidier Nahrung gelangt, dass in ihnen wie im Darmrohre verdaut wird, ist durch die Beobachtungen von *H. Milne-Edwards*, *Quatrefages*, *Hancock* und *Embleton*, *Alder* und *Nordmann*, *Bergh* u. A. festgestellt. Dass bei den Wirbellosen, welchen diese Einrichtung zukommt, das Körperparenchym mehr im Chylus als in einer dem Blute ähnlicheren Flüssigkeit gebadet wird, dass die Circulation der Nahrungssäfte der Resorption gegenüber zurücktreten muss, ergibt sich aus den anatomischen Befunden von selbst, und dass in diese Blindsäcke enzymatische Secrete ergossen werden, ist mir durch die Extraction eines peptischen Enzymes aus diesen Organen einiger unbestimmbarer Aeolisarten in Triest nachzuweisen gelungen. Die abgelösten Papillen (cf. *R. Bergh*, Malakolog. Unters., I. Hälfte 1870—1875, S. 5) wurden mit Glycerin verrieben und so ein Filtrat erhalten, welches in 2procentiger Essigsäure, 1- und 4procentiger Milchsäure, 0.2procentiger Salz-

---

[1]) Die Bezeichnungen: canaux gastro-hépatiques und appareil gastro-vasculaire, welche *H. Milne-Edwards* vorgeschlagen hat, drücken, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, die Functionen dieser Gebilde nicht richtig aus.

säure und in 4procentiger Weinsäure rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in 2—3 Stunden verdaute; in 2procentiger Sodalösung war dieser Auszug nach zwei Tagen ohne fibrinverdauende Eigenschaften, und gekochte Stärke wurde während drei Stunden bei 40° C. von ihm nicht in Zucker verwandelt.

Der Hepato-Intestinalapparat der Aeolidier erinnert äusserlich sehr an die cölenterischen Räume der Acalephen und an die Leberblasen der Aphroditen, mit welchen er nicht selten functionell verglichen ist. Berechtigt ist dieser Vergleich ohne eine experimentelle Begründung nicht; meine Versuche, die ersten, welche in dieser Hinsicht angestellt wurden, führen vielmehr zu ganz anderen Schlussfolgerungen.

Es sei zuerst darauf hingewiesen, dass ein Magen, wie er bei den Vertebraten existirt, d. h. ein Verdauungsraum, welcher seine specifischen Enzyme besitzt (mögen dieselben von mehr oralwärts gelegenen Bezirken[1]) oder von eigenen Magendrüsen geliefert werden), bei den Wirbellosen nicht nachgewiesen ist. Alle Forscher, welche über diesen Punkt experimentelle Erfahrungen gesammelt haben, sind von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugt. Was die vergleichenden Anatomen bei Mollusken, Arthropoden und Würmern „Mägen" nennen, sind einfache Darmerweiterungen und kein triftiger Grund ist jemals vorgebracht[2]), welcher diese Bezeichnung rechtfertigen könnte. Es scheint nach meinen Untersuchungen ein wesentlich functioneller Unterschied zwischen den Verdauungsräumen der höhern Everte-

---

[1]) Cf. *H. von Swieçicki*, Untersuchung über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins bei den Batrachiern. *Pflüger*'s Archiv. Band XIII. S. 444.

[2]) Nach *Keferstein* (*Bronn*, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Band III. 2. Abtheilung 1862—1866. S. 9, 54) ist für die Bezeichnung einer Darmerweiterung — wie sie besonders bei den Mollusken in sehr wechselnden Formen nicht nur bei nahestehenden Arten, sondern auch bei ein und derselben Species (Pleurobranchus) vorkommen — als Magen

braten und den cölenterischen Räumen der Cölenteraten zu bestehen. Bei den ersteren findet unzweifelhaft die Verdauung mittelst selbst producirter, enzymatischer Secrete statt, was sich für die Cölenteraten keineswegs behaupten lässt, weil die in dieser Hinsicht angestellten Versuchsreihen nur zu negativen Ergebnissen führten [1]). Findet aber kein Secreterguss in die cölenterischen Räume statt, so wird man die mehr der Resorption und Irrigation des Körpergewebes dienenden Ramificationen derselben kaum den Hepato-Intestinalcanälen der Aeolidier vergleichen können. Bevor der Beweis für eine Enzymsecretion bei den Cölenteraten nicht erbracht ist, wird man desshalb zweckmässig auf diesen Vergleich verzichten.

Die Canales hepato-intestinales der Aeolidier sind also, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, gefässartige Erweiterungen der verdauenden Cavität selbst; in sie gelangen enzymatische Secrete, in ihnen wird verdaut, in ihnen wird sicherlich auch resorbirt. Ganz abweichend davon sind die Verhältnisse bei den Aphroditen [2]). In den sog. verzweigten Cöcal-

---

die Mündungsstelle der Gallengänge massgebend. Da das Lebersecret sich aber sowohl oral- wie analwärts im Darmrohre vertheilt, und mittelst desselben, soviel bekannt ist, die Verdauung ausschliesslich erfolgt, bietet auch die Insertion der Gallengänge keinen Anhalt für diese rein functionelle Bezeichnung.

[1]) Cf. auch *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Berlin. 1859. S. 206 ff.

[2]) *Siebold*, *Milne Edwards* und *Gegenbaur* halten in ihren anatomischen Handbüchern die Auffassung fest, welche auch *Ehlers* (die Borstenwürmer, Leipzig 1864—1868, S. 26) adoptirt zu haben scheint, dass die Cöcalanhänge der Aphrodite einfache Aussackungen des Darmrohres darstellen, in welchen verdaut und resorbirt wird. Die Beobachtungen, welche diese Ansicht stützen, sind nicht beweiskräftig genug, da eine aus technischen Gründen nothwendige Präparationsmethode: die Anhänge von ihrem blinden und nicht von dem intestinalen Ende aus zu öffnen, dabei wahrscheinlich unterlassen wurde. Der zähe Darminhalt haftet sehr fest am Metalle der einzuführenden Instrumente und führt in Folge dessen leicht zu falschen Beobachtungen. Ich fand bei allen untersuchten Aphroditen und Her-

anhängen dieser Borstenwürmer wird nicht verdaut: in ihnen erfolgt keine Resorption von Verdauungsproducten, sondern diese „Leberblasen“ dienen lediglich der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Secretes. Sie sind nicht analog den Blindsäcken am Darmkanale der Hirudinen, vielleicht aber der sog. „grünen Drüse“ der Siphonostomen.

Der in den Leberblasen von Hermione hystrix und Aphrodite aculeata enthaltene Verdauungssaft verdaut in thymolisirter alkalischer (2procentiger Sodalösung) und neutraler wässriger Flüssigkeit rohes und gekochtes Fibrin im Laufe von $^1/_2$—2 Stunden. Es finden sich unter den Verdauungsproducten Peptone und sehr reichlich bilden sich durch Neutralisation fällbare Eiweisskörper. Ein Liter steifer Fibringallerte wurde in wenigen Stunden verdaut, ohne dass unter den Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin nachweisbar waren, und auch die Bromwasserreaction gelang mit der verdauten Masse nie. Da das Arthropodentrypsin, welches vielleicht echtes Trypsin ist und nicht energischer auf die Eiweissstoffe wirkt wie das tryp-

mionen die Cöcalanhänge stets gefüllt mit dem dunkelgrünen Verdauungssafte, der bei gefülltem und leerem Darme gleich gefärbt war und nie feste Theile aus dem Darminhalte erkennen liess. Wäre es Chymus, welcher sich in den Leberblasen angesammelt hatte, wie *Th. Williams* (Report on the British Annelida. Report of the British Association. London 1852, S. 237) glaubt, so müssen sich nothwendig Unterschiede in der Färbung dieses Inhalts, der aufgenommenen Nahrung entsprechend, geltend machen. Das ist aber nicht der Fall, wie ich mich an vielen Exemplaren von Aphrodite aculeata überzeugen konnte, und zu kühn ist der Glaube, dass der fast farblose Chymus des Darmes beim Eintritt in die Cöcalanhänge grün wird. Der Inhalt der Leberblasen bei den Aphroditen hat ferner dieselben physikalischen und enzymatischen Eigenschaften wie das Secret der „grünen Drüse“ von Siphonostoma diplochaïtos, welche schwerlich Jemand als ein Chymusreservoir ansprechen würde. Auch ist es unverständlich, wie die constante und meist pralle Spannung der Leberblasen bei Aphrodite einen Eintritt des Speisebreies in die Lebergänge ermöglichen soll, und ausserdem scheint noch ein Sphincter die intestinale Mündung periodisch zu verschliessen, worauf schon *Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V. p. 433, Note 1) hinwies.

tische Enzym der Würmer, bei Einwirkung auf nur wenige Fibrinflocken schon nachweisbare Mengen des die Bromwasserreaction hervorrufenden Körpers bildet, so ist kaum daran zu zweifeln, dass das Trypsin der Würmer von dem der Arthropoden wesentlich verschieden ist[1]). Viele Eigenschaften theilt es zwar mit dem echten Trypsin. So wirkt es z. B. bei 40° C. energischer als bei 22 und 12.5° C.; es wird durch mehrstündige Digestion mit 0.2procentiger Salzsäure zerstört und ist in neutraler Lösung unfähig, selbst nach tagelanger Einwirkung das Pepsin unwirksam zu machen. Dieses tryptische Enzym möge fernerhin „Isotrypsin" heissen; es ist vielleicht dasselbe, welches ich in den Asteridenlebern nachweisen konnte und auch ver-

---

[1]) Bei Lumbricus terrestris, aus welchen die Enzyme durch Verreiben des ganzen Thieres mit Glycerin gewonnen wurden, gelang mir zwar einmal mit der in 2procentiger Sodalösung verdauten Fibrinmasse die Bromwasserreaction. Da diese Beobachtung sich mit den Resultaten, welche die reinen Secrete der Borstenwürmer lieferten, in Widerspruch befand, so habe ich die Versuche mit verschiedenen Lumbricusarten wiederholt, und es ergab sich, dass auch das tryptische Enzym der Lumbriciden kein Verdauungsproduct bildet, welches durch die Bromwasserreaction erkannt wird. Ich vermuthe, dass in dem einen Ausnahmefalle den Darmcontenten von Lumbricus eingebettete kleine Arthropoden, welche mit der Erde vielleicht zufällig aufgenommen waren, die Ursache für die Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers abgaben.

Durch meine jüngst auf Helgoland mit dem Verdauungssafte von Arenicola piscatorum angestellten Verdauungsversuche ist die Gegenwart von Isotrypsin in der Verdauungsflüssigkeit dieses tubicolen Wurmes ebenfalls bewiesen; rohes wie gekochtes Fibrin wurde bei alkalischer Reaction des Verdauungsgemisches (2procentige Sodalösung diente als Zusatzflüssigkeit) davon bei 38° C. in einer halben Stunde verdaut, ohne dass sich unter den Verdauungsproducten die durch die Bromwasserreaction gekennzeichnete Substanz gebildet hatte. Der Darmsaft von Arenicola, welcher eine deutlich alkalische Reaction besitzt, enthält ausser Isotrypsin aber auch noch ein peptisches Enzym; denn er ist fähig in 0.2procentiger HCl rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in etwa zwei Stunden zu verdauen. Gleichfalls reich ist derselbe an Diastase, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. im Laufe von einer halben Stunde aus Stärkekleister eine erhebliche Menge Zuckers gebildet hatte.

schieden von dem tryptischen Enzyme der Mollusken, welches eine Wirkungsfähigkeit auf gekochtes Fibrin nicht zu besitzen scheint.

In schwachen Lösungen organischer Säuren ist das Isotrypsin gleichfalls nicht unwirksam; in 0.5procentiger Weinsäure, 0.5- und 1procentiger Milchsäure, sowie in 0.5procentiger Essigsäure liess sich rohes Fibrin sehr gut verdauen. Wurde der Verdauungssaft aus den Leberblasen durch Auswaschen sorgfältig entfernt, so liessen sich aus denselben durch Extraction mit Glycerin oder 2procentiger Sodalösung tryptisch wirksame Flüssigkeiten erhalten; jedoch von viel geringerer Wirkungsenergie als sie das natürliche Secret besass. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Secretbildung in den Drüsen dieser Anhänge sehr langsam, aber stetig geschieht, und dass aus diesem Grunde eine so complicirte Einrichtung des Secretreservoirs für die Aphroditen von Nutzen ist.

Wurde der Verdauungssaft dieser Chaetopoden auf einen Gehalt von 0.1 pCt. HCl oder 4 pCt. Essigsäure gebracht, so wirkte er während mehrerer Tage nicht fibrinverdauend, wodurch die Abwesenheit des peptischen Enzymes in demselben dargethan sein dürfte. An Diastase, welche in bekannter Weise nachgewiesen wurde, war der Verdauungssaft reich. Aus den Darmcontenten erhielt ich durch die wässrige Extraction neben Diastase dasselbe tryptische Enzym, welches in den Leberblasen aufgefunden wurde, während Pepsin auch in diesen Auszügen fehlte. Aus dem gereinigten Darmrohre, und insbesondere aus dem ösophagealen Abschnitte desselben liessen sich bei Aphrodite aculeata durch Behandlung mit Glycerin, 0.2procentiger HCl, 2procentiger Sodalösung oder Wasser keine diastatisch, tryptisch oder peptisch wirkende Auszüge gewinnen. Unrichtig ist also die Vermuthung von *Williams* (l. c. S. 237), dass bei Aphrodite aculeata Zotten des Oesophagus Verdauungssäfte liefern.

Bereits früher[1]) wurde von mir mitgetheilt, dass sich aus dem Darmtractus von Hirudo officinalis keine enzymatische Auszüge gewinnen lassen. Wie bekannt finden sich aber beim Blutegel in der Nähe der Kiefer becherförmige Drüsen, und es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Verdauungssäfte lieferten. Zur Entscheidung dieser Frage verrieb ich den mit diesen Drüsen ausgestatteten Vorderdarmtheil von acht lebenden Blutegeln mit Glycerin und prüfte nach sechstägiger Einwirkung den Glycerinauszug auf Enzyme. Es erwies sich das Extract in einer Lösung von 2 pCt. Essigsäure, 1—2 pCt. Milchsäure und 0.1 pCt. Salzsäure, sowie in 2procentiger Sodalösung nach Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin, und auch der wässrige Auszug dieses Darmabschnittes von sechs Blutegeln besass keine eiweissverdauende Wirkung. Der Verdauungsmodus bei diesem sonst so hoch organisirten Wurme erinnert demnach mehr an die rein endosmotischen Vorgänge bei den Cestoden und andern parasitischen Formen (Trematoden, Acanthocephalen etc.) als an die mit Hilfe kräftiger Enzyme sich vollziehende Verdauung der Aphroditen. Beide Würmer sind zwar oft aus rein morphologischen Gründen in dieser Hinsicht verglichen und zusammengestellt.

Das grüne Secret der oberhalb des Vorderdarmes gelegenen Drüse bei Siphonostoma diplochaïtos enthält dieselben Enzyme (Isotrypsin und Diastase) wie der Verdauungssaft von Aphrodite aculeata und Hermione hystrix. Die Einmündungsstelle in den Darm ist mir unbekannt geblieben; auch bin ich im Ungewissen darüber, ob das Secret mit seiner ursprünglichen grünen Farbe in die Verdauungsampulle gelangt, wenn schon die Ansicht allgemein verbreitet ist, dass der Drüsengang neben den Ausgangsöffnungen der sog. Speicheldrüsen in

---

[1]) Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

den Oesophagus mündet. Die Befunde, welche mich in diesem Punkte ungewiss machen, sind folgende: Das Secret der Drüse war bei allen von mir untersuchten (über hundert) Exemplaren intensiv grün gefärbt, während der Vorderdarm eine intensiv orange und der flüssige Inhalt desselben constant eine rosa Färbung zeigte. Weder gemischt mit dem Secrete der sog. Speicheldrüsen, noch auf Zusatz von Säuren oder Alkalien schlägt die Farbe des Secrets der grünen Drüse in eine röthliche um, wie sie der flüssige Vorderdarminhalt besitzt. Bei Zusatz von 0.2procentiger HCl und einstündiger Digestion bei 40° C. setzt sich hingegen aus dem flüssigen Vorderdarminhalte ein intensiv roth gefärbter Niederschlag ab, welcher sich in der alkoholischen Lösung spectroskopisch wie der Farbstoff des Vorderdarmes verhält. Indem ich die Frage offen lasse, wie diese seltsame Farbenveränderung des Secretes zu erklären ist, in welchen Abschnitt des Verdauungsrohres sich das Secret der grünen Drüse ergiesst, möchte ich nur noch bemerken, dass im Mitteldarme die Farbe des Secretes eine grüne ist und dass der röthliche Verdauungssaft im Vorderdarme dieselben Enzyme enthält wie das Secret der grünen Drüse[1]). In beiden enzymatischen Flüssigkeiten wird das tryptische Enzym durch längere Digestion mit 0.2 pCt. HCl vollständig zerstört. Das farblose Secret der sog. Speicheldrüsen[2]) finde ich frei von Diastase und von allen in alkalischen (2 pCt. Soda) oder sauren (0.2 pCt. HCl; 0.5, 1.0 und 4.0 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen rohes Fibrin verdauenden Enzymen.

In der Familie der Lumbriciden deutet das Vorkommen

---

[1]) *Cf. Rathke*, Schriften der naturf. Gesellsch. zu Danzig, Bd. III. Heft 2. 1847. S. 87. Tab. V. Fig. 5 etc.

[2]) Keines der Secrete bei Siphonostoma zeigte eine saure Reaction, sondern alle sind neutral oder schwach alkalisch. Der wässrige Auszug der alkalischen Contenta des Endtheils vom Darme wirkt, wenn schon schwach, fibrinverdauend.

der Chloragogenzellen am Darm und Rückengefäss auf eine echte Blutverdauung hin. Die von mir anfangs gehegte Vermuthung: in dem Blute der Lumbriciden Enzyme aufzufinden, hat sich aber nicht bewahrheitet. Aus den Blutcavernen in den vorderen Segmenten lässt sich besonders bei den grossen südeuropäischen Lumbricusarten leicht eine grössere Menge Blut gewinnen. Ich fand das Blut in diesen Räumen, sowie das aus dem Rückengefässe durch Einstich gewonnene stets ohne diastatische Einwirkung auf gekochte Stärke bei 40° C. und ohne fibrinverdauende Eigenschaften bei saurer (0.1- und 0.2procentiger HCl, 0.5—4.0procentiger Milchsäure, Essigsäure oder Weinsäure), oder alkalischer (2procentiger Sodalösung) Reaction; auch verdaute es mit wenig Wasser verdünnt kein Fibrin. Versuche[1]), ausgeführt mit dem Blute von Helix pomatia, Mactra stultorum, Arca Noae und Astacus fluviatilis lieferten ebenfalls negative Resultate. Bei den Würmern, den Mollusken und Arthropoden scheint demnach die Enzymbildung auf die Drüsen des Darmes beschränkt zu sein[2]), und nur die Darmverdauung erfährt in diesen bezüglich der Verdauungsvorgänge viel Uebereinstimmendes bietenden Typen im Phlebenterismus eine eigenthümliche Modification.

Wenn man in den höhern Evertebratenclassen bei den parasitischen Formen den Verdauungsapparat zurückgebildet findet,

---

[1]) Das Blut dieser Thiere wurde in reichlicher Menge erhalten: bei Helix pomatia durch Anschneiden des Fusses, bei den Acephalen durch Anschneiden des Schliessmuskels und beim Krebse durch Abtrennung des letzten Schwanzsegmentes. Man gewinnt mittelst dieser Methoden kein ganz reines Blut (cf. *Voit.* Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel. Z. f. w. Z. Bd. X. 1860 S. 470—498), doch sind die Verunreinigungen desselben für diese Versuche ohne Bedeutung.

[2]) Meine Untersuchungen beschränken sich nicht nur auf das Blut, sondern es wurden auch bei den Mollusken viele der Excretion und der Geschlechtsfunction dienende Drüsen mit negativem Resultat auf Enzyme geprüft. Auf diese Versuche werde ich an anderer Stelle ausführlicher eingehen. Aus der sog. „grünen Drüse“ von Astacus fluviatilis konnte ich zwar oft durch Glycerinextraction peptisch wirksame Lösungen erhalten.

und wenn man hier die Producte vermisst, mit deren Hilfe es dem Organismus leicht gelingt, das aufgenommene Nährmaterial zu bewältigen, dann sind die Gründe leicht zu errathen, welche diese Thatsachen verständlich machen. Werden aber bei Thieren, welche man für unmittelbare Vorläufer der Vertebraten oder selbst für rückgebildete Wirbelthiere ansieht, Verhältnisse angetroffen, welche viel unvollkommener als beispielsweise die bei den Asteriden sind, so fehlt uns, ohne das Aufgeben der systematischen Stellung dieser Thiere, jede Erklärung. In einer solchen Lage befinden wir uns bei den Ascidien.

Nach *Huxley*[1]) wird bei Phallusia, Cynthia und andern Tunicaten die Leber durch „ein System von feinen Röhrchen dargestellt, welche sich am Darme erzeugen und schliesslich zu einem Gange sammeln, der in den Magen mündet". Bei einigen Cynthien soll sich nach demselben Forscher „eine folliculäre Leber von gewöhnlichem Charakter finden, die mit mehreren Ausführungsgängen in den Magen mündet". Es ist mir nicht möglich gewesen, durch Extraction mit Glycerin, Wasser, Säuren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) und Alkalien (2 pCt. Soda) die Uebereinstimmung dieser Apparate mit den enzymbildenden Lebern der Evertebraten festzustellen. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, gelang mir die Verdauung rohen Fibrins mittelst der Extracte des Verdauungsapparates von Cynthia microcosmus und Phallusia mentula bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten nicht. Jedenfalls wird die Production eiweissverdauender Enzyme, wenn überhaupt vorhanden, bei diesen Ascidien eine sehr geringe sein; denn der gesammte Digestionstractus einer grossen Anzahl von Cynthien und Phallusien mit Glycerin verrieben, lieferte nur unwirksame Auszüge. Das Darmrohr von Ciona canina enthält Diastase, welche im Darm-

---

[1]) *Th. Huxley*, Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Thiere. Deutsch von *J. W. Spengel*. Leipzig, 1878. S. 534.

canale bei Phallusia mentula aber nur in Spuren von mir nachgewiesen werden konnte. Aus den dem Darme angehefteten gelben (Cynthia microcosmus) oder bräunlichen (Phallusia mentula) Drüsen, deren Bedeutung als Harnorgane — durch den von *Kupffer* (Zur Entwicklung der einfachen Ascidien. Arch. f. mikr. Anat. Band VIII, S. 379) und *Lacaze-Duthiers* (Les Ascidies simples des côtes de la France. Archives de Zoologie expérimentale 1874) gelieferten Nachweis des Harnsäurevorkommens — erkannt ist, erhielt ich weder durch Extraction mit Wasser noch mit Glycerin auf gekochte Stärke diastatisch, auf rohes Fibrin peptisch (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure, 1 pCt. Milchsäure) oder tryptisch (2 pCt. Soda) wirkende Lösungen.

Bei Ciona canina gelang mir in einem Falle der Nachweis eines tryptischen Enzymes in dem Darme (und seinen Contenten), dessen Vorkommen von der Krebsnahrung abzuleiten sein wird, zumal, wie ich in einer andern Arbeit zeigen werde, tryptische Enzyme bei Mollusken und den tiefer stehenden Evertebratenformen nicht häufig sind und, ohne mit peptischen im Vorkommen vergesellschaftet zu sein, kaum aufzutreten pflegen.

Der Verdauungsmodus wird vermuthlich bei vielen Ascidien derselbe wie bei einer grossen Anzahl von Cölenteraten sein. Die Eiweissverdauung wird bei den von mir untersuchten Arten vorzugsweise mittelst der Enzyme erfolgen, welche die Beute mit sich führt, und so werden wir uns vor einem Factum befinden, welches als eine Degradationserscheinung nicht verständlich zu machen ist.

---

So entwickelt sich erst ganz allmählich die Darmverdauung, eine der wichtigsten Functionen für die Existenz der höhern Thiere. Bei den niedern Formen ist das Körpergewebe gleichmässiger mit Enzymen imprägnirt, erst bei den höhern Typen wird die Enzymproduction in ausgiebigerem Grade dem Verdauungsgeschäfte nutz-

bar gemacht. Ein und dasselbe Organ bildet bei den höher organisirten Evertebraten alle für den Verdauungsact erforderlichen Enzyme, und soviel wir wissen, besorgen nur in einigen Classen der Arthropoden anatomisch verschiedene Drüsenorgane die Enzymproduction im Interesse der Darmverdauung.

---

**Wirkung der Evertebratenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.**

(Wurde in der Lösung gleichfalls gekochtes Fibrin verdaut, so ist dieses durch vom Kreuze oben rechts stehenden Stern angedeutet. Fehlt der Stern, so gelang die Verdauung des gekochten Fibrins in unzweifelhafter Weise nicht).

| | 2 % Soda | Neutraler wässriger Auszug | 0.1—0.2 % HCl. | Essigsäure | | | Milchsäure | | | Weinsäure | | | Oxalsäure | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0.5 % | 1—2 % | 4 % | 0.5 % | 1 % | 4 % | 0.5 % | 1 % | 4 % | 0.5 % | 1 % | 4 % |
| Aethalium septicum | 0 | 0 | +* | +* | +* | +* | +* | +* | +* | + | +* | +* | +* | +* | 0 |
| Suberites domuncula | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | schw. | + | + | + | + | . | 0 |
| Chondrosia reniformis . . . . . . | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | schwach | 0 | 0 |
| Hircinia variabilis . | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 |
| Anthea viridis (Glycerinextract der Septen des cölenterischen Raumes) . . | 0 | 0 | + | . | 0 | . | + | + | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 |
| Anthea viridis (Glycerinextract der Tentakeln) . | 0 | 0 | + | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Anthea viridis (Glycerinextract der Geschlechtsdrüsen) . . . . . | + | + | 0 | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Alcyonium palmatum | 0 | 0 | 0 | . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | . | 0 | . | 0 | . | . |
| Ciona canina (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus) . . . . | + | + | 0 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Phallusia mentula (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus) . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | . | 0 | . | 0 | . | 0 |
| Cynthia microcosmus (Glycerinextract d. gesammten Verdauungstractus) . | 0 | 0 | 0 | . | 0 | . | . | 0 | 0 | . | 0 | 0 | . | 0 | . |
| Holothuria tubulosa (Darmglycerinextract) . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | . | 0 | 0 | . | 0 | . | . |
| Holothuria tubulosa (Glycerinextract des Gefässgeflechtes) . . . . . | 0 | 0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | schwach | . | 0 |

| | 2 % Soda. | Neutraler wässriger Auszug | 0.1—0.2 % HCl. | Essigsäure 0.5% | Essigsäure 1—2 % | Essigsäure 4 % | Milchsäure 0.5 % | Milchsäure 1 % | Milchsäure 4 % | Weinsäure 0.5 % | Weinsäure 1 % | Weinsäure 4 % | Oxalsäure 0.5 % | Oxalsäure 1 % | Oxalsäure 4 % | Diastase * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (.umaria Planci (..berglycerinauszug) . . | + | + | + | + | + | + | . | . | . | . | + | + | + | 0 | . | + |
| ..xopneustes lividus (..armglycerinextract) . . | + | + | + | schwach | + | + | . | + | + | . | . | . | . | . | 0 | + |
| ..xopneustes brevi-..nosus (Darmglycerinextr.) | + | . | + | . | + | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | + |
| ..ropecten aurantia-..s (Leberglycerinextract) . | +* | +* | + | schwach | + | + | + | + | + | + | + | + | + | schw. | 0 | + |
| ..ropecten auran-..acus (Glycerinauszug der ..edemann'schen Kör-..chen) . . . . . . | 0 | 0 | + | . | + | . | . | + | + | + | . | . | . | . | . | + |
| ..ropecten aurantia-..s (Darmglycerinextract) . | 0 | 0 | + | schwach | + | . | + | + | + | + | + | + | . | . | 0 | 0 |
| ..eracanthion gla-..alis (Leberglycerinextr.) | +* | +* | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | schw. | 0 | + |
| ..olidier (Glycerinextract .. Papillen) . . . . | 0 | . | + | . | + | . | . | + | + | . | . | + | . | . | . | 0 |
| ..honostoma diplo-..aïtos (Verdauungssaft) . | +* | +* | 0 | schwach | . | 0 | + | + | 0 | + | . | 0 | . | . | . | + |
| ..mione hystrix (..rdauungssaft) . . . | +* | +* | 0 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| ..rodite aculeata (..rdauungssaft) . . . | +* | +* | 0 | . | sehr gering | . | + | . | . | . | . | . | schwach | . | . | + |

Die in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1) Selbst bei sehr wenig organisirten Wesen (Myxomyceten und Poriferen) finden sich verdauende Enzyme, eine functionelle Bedeutung derselben ist aber nicht nachgewiesen.

2) Das peptische Enzym ist bei den niedern Thieren viel verbreiteter im Vorkommen als das tryptische, und nur bei den Würmern und Arthropoden scheint nach den vorliegenden Untersuchungen das letztere constanter als das erstere zu sein.

3) Der Annahme von **enzymatischen Verdauungssecreten** bei den Cölenteraten fehlt jeder experimentelle Anhalt. Meine Ergebnisse deuten auf die Abwesenheit einer irgendwie bedeutenden enzymatischen Secretproduction hin.

4) Die Verdauungsvorgänge der von mir untersuchten Ascidien sind unvollkommener als die mancher Echinodermen und nähern sich mehr den Verhältnissen bei den Acalephen.

5) Die Enzymbildung ist bei vielen Echinodermen nicht vollständig localisirt. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei ihnen die resorbirten Stoffe noch extraintestinal enzymatisch verändert werden.

6) Die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus sind enzym- (Pepsin und Diastase) bildende Organe und können den pepsinbildenden Drüsen im Wasser- und Blutgefässgeflecht der Holothuria tubulosa analogisirt werden.

7) Die Asteridenlebern sind vollkommen analog den Lebern der Arthropoden und Mollusken. Keine Analogie besteht zwischen diesen Organen und den Wasserlungen oder den *Cuvier*schen Organen der Holothurien. Den Asteridenlebern analoge Gebilde sind von mir bei Cucumaria Planci nachgewiesen, und functionell gleichwerthige Drüsen finden sich auch im Darme von Toxopneustes lividus und brevispinosus.

8) Bei Würmern, Arthropoden und Mollusken ist, soweit meine Untersuchungen reichen, die Production eiweissverdauender Enzyme vollständiger als bei den Cölenteraten und Echinodermen localisirt und der Darmverdauung dienstbar gemacht.

9) Das tryptische Enzym der Würmer (Aphrodite, Hermione, Siphonostoma, Arenicola, Lumbriciden), von mir Isotrypsin genannt, unterscheidet sich von dem Trypsin der Vertebraten, Arthropoden und Mollusken und ist vielleicht mit dem der Asteriden identisch.

10) Die Leberblasen der Aphroditen, die Verzweigungen der cölenterischen Räume der Cölenteraten und die Canales hepato-intestinales der Aeolidier dürfen zur Zeit nicht für functionell gleichwerthig gelten.

11) Bei Aphrodite aculeata werden die Verdauungssäfte von Drüsenzellen in den Leberblasen gebildet, nicht von Zotten des Oesophagus.

12) Bei keinem Wirbellosen ist ein dem Magen der Vertebraten functionell vergleichbarer Darmabschnitt nachgewiesen; stets wurden kropfartige Darmerweiterungen als Mägen bezeichnet.

# Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

---

Bereits 1851 berichtete *H. Hollard* [1]), dass die schleimige Masse, welche constant die Wandungen des cölenterischen Raumes bei den Actinien befeuchtet, weder während der Verdauung noch bei leerem Organe die geringste Andeutung einer sauren oder alkalischen Reaction erkennen lasse. Seine Versuche wurden später von *G. H. Lewes* [2]) an Anthea cereus und crassicornis und von *Couch* [3]) an Actinien wiederholt und seine Ergebnisse bestätigt. Auch haben bereits *Lewes* und *Couch* unabhängig und übereinstimmend gefunden, dass kleine Stückchen von Fischfleisch in dem cölenterischen Raume der Actinien nicht verdaut werden. Das Gewicht der Fleischstückchen vor und nach dem Verweilen im Thiere wurde von *Couch* genau bestimmt; den gefundenen Gewichtsverlust bezieht er auf ein Auspressen der im Fleische vorhandenen Flüssigkeit und weist die Annahme einer Verdauung bei den Actinien zurück. Von *Lewes* ist auch der bekannte *Réaumur*'sche Versuch, zwar, wie es die Umstände be-

---

1) *H. Hollard*, Monographie anatomique du genre Actinia. Ann. des sciences nat. 1851. 3e Série. T. XV. S. 276.

*H. Hollard*, Études zoologiques sur le genre Actinia. Rev. et Mag. de Zoologie. 1854. 2e Série. T. VI. S. 286.

2) *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Uebersetzt von *J. Frese*. Berlin. 1859. S. 198 ff.

3) *Couch*, ibid. S. 208.

dingten, in etwas modificirter Form, an den Actinien ausgeführt. Um sich nämlich von der Gegenwart einer auflösenden Flüssigkeit in dem Darme dieser Thiere zu überzeugen, füllte er Fleischstückchen in eine beiderseits offene, etwa 1/2 Zoll lange Federspule, welche er ausserdem noch mit sechs breiten seitlichen Einschnitten versehen hatte, und brachte diese den Thieren bei. Er bemerkte bei einer Spule, wo das Fleisch an beiden Enden ein wenig hervorsah, eine Aufweichung an den hervorstehenden Ecken des Fleischstückchens, welche einer Verdauung glich; allein unter dem Mikroskope fand er die Muskelfasern nicht im mindesten zersetzt, und die Querstreifen der einzelnen Fasern genau so in ihrer Lage wie an jeder andern Stelle, sodass die Aufweichung sich als eine rein mechanische erwies. Diese schönen Untersuchungen sind in den folgenden zwanzig Jahren kaum wiederholt, nicht vervollständigt. Es schien mir nöthig, sie mit einer homogeneren, leichter verdaulichen Substanz als es der Muskel ist, anzustellen, und durch eine zu diesem Zwecke unternommene Reise nach Helgoland ist es mir möglich gewesen, diese Untersuchungen mit dem leicht verdaulichen Fibrin theilweise zu wiederholen und zu erweitern [1]).

Wird der Actinia mesembryanthemum eine Flocke rohen Fibrins in den vorderen Abschnitt des cölenterischen Raumes („Magenraum" der Autoren) gebracht, so verweilt sie oft nur kurze Zeit an diesem Platze; die Tentakeln, die Contractionen der Körperwand befördern sie weiter in das Innere des Thieres. Sie bleibt zusammengeballt, bisweilen viele Stunden in dem tiefer gelegenen Nahrungsbehälter liegen, und eine Anstrengung des

---

1) Meine Untersuchungen waren bereits abgeschlossen, die in dieser Abhandlung niedergelegten Resultate bereits gewonnen, als Herr Professor Dr. *Hilgendorf* mich bei unserm Zusammentreffen auf Helgoland auf die erwähnten älteren Arbeiten aufmerksam machte. Um so erwünschter dürften desshalb meine Bestätigungen jener Angaben sein, da die Ergebnisse meiner Beobachtungen durch sie in keiner Weise beeinflusst wurden.

Thieres, den Fibrinpfropf, mag dieser in dem vorderen oder in dem hinteren Theile des Darmrohres sich befinden, auszustossen, wird anfangs nicht bemerkt, obgleich der Tentakelkranz sich wieder geöffnet hat, und jede Andeutung eines Unbehagens fehlt. Am folgenden, mitunter auch erst am dritten Tage findet man, dass der Fibrinpfropf ausgestossen ist. Dieser zeigt sich immer so gut wie unverändert, an den Rändern zwar meist ein wenig aufgequollen, und nur ein eigenthümlicher, sehr schwach ätzender Geschmack des eben ausgestossenen Ballens verräth, dass ihm ein Secret beigemischt wurde, welches aber auch an sehr empfindlichem, blauem oder rothem Lackmuspapiere keine Farbenveränderung hervorruft. Nahm ich das Fibrin nach längerem Verweilen (12—24 Stunden) in dem Darmrohre aus den Actinien heraus und verrieb mehrere dieser Flocken mit Glycerin, so konnte ich (nach etwa 14 tägiger Extraction) mit diesem Auszuge weder eine Wirkung in 0.1 procentiger HCl-, noch in 2 procentiger Sodalösung auf rohes Fibrin bei 38$^{0}$ C. nach zweitägiger Einwirkung erzielen, und auch eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke bei gleicher Temperatur und zweistündiger Digestion fehlte diesem Auszuge. Ohne tief greifende Verletzungen liess sich das Fibrin nicht länger als zwei Tage in dem cölenterischen Raume der Actinien aufbewahren; denn es wurde nach $^{1}/_{2}$—2 Tagen, wie auch *Couch* mittheilt, regelmässig ausgeworfen. Ich verzichtete desshalb darauf, weitere Modificationen der Versuche an dieser Species vorzunehmen; ich war gleich den erwähnten Experimentatoren hinreichend überzeugt, dass die ausgehungerten Actinien kein Mittel unversucht gelassen hatten, sich diese eiweissreiche Kost anzueignen. Bei Exemplaren, welche zu diesen Versuchen vorher noch nicht verwandt waren, genügte es schon, die Fibrinflocke an die Tentakeln zu legen, von welchen sie dann in den Nahrungsraum hinuntergeschoben wurde. Fast nie gelang mir aber diese Fütterungsmethode mehrere Male bei

ein und demselben Thiere; es schien jetzt Erfahrungen über die Unverdaulichkeit des Futters gesammelt zu haben.

In dem cölenterischen Raume der von mir in dieser Hinsicht untersuchten Medusen (Chrysaora hyoscella, Cyanea capillata, Aurelia aurita, Rhizostomum Cuvieri und einer andren der Chrysaora ähnlichen, mir nicht sicher bekannten Art) ist die Veränderung, welche das eingeführte rohe Fibrin erfährt, die gleiche wie bei den Actinien. Durch täglichen Wechsel des Meerwassers konnte ich die schönen, grossen Exemplare dieser Medusen, welche mir der Schiffer *Hilmar Luehrs* verschafft hatte, in unveränderter Lebensenergie acht Tage und länger in kleinen Holzbottichen erhalten und so die Thatsache feststellen, dass binnen fünf Tagen eine etwa zolllange Fibrinflocke in dem sog. Magen- oder Gastrovascularraum bei keiner dieser Arten eine Andeutung von eingetretener Verdauung erkennen lässt. Die Ränder der Flocke waren stellenweise ein wenig aufgequollen, wie es rohes Fibrin unter verschiedenen Umständen bisweilen thut; aber weder war an den herausgenommenen Flocken eine deutliche Alkalescenz oder Säuerung mittelst Lackmuspapier zu constatiren, noch besass der Glycerinauszug derselben eine Wirkung auf rohes Fibrin in 1 pCt. Milchsäure, 0.1 pCt. Salzsäure oder in 2 pCt. Sodalösung.

Um nichts unversucht zu lassen, bemühte ich mich auch durch Injectionen von Substanzen, welche die Secretproduction erfahrungsgemäss wenigstens bei höhern Thierformen anregen oder verstärken, auf die Zellen der Darmwand bei den Medusen zu wirken. Ich injicirte mit Hülfe der *Pravaz*'schen Spritze einer Cyanea capillata 0.9 mgr. Pilocarpin, welches mir das physiologische Institut bereitwilligst zu diesem Zwecke nach Helgoland mitgegeben hatte, einer Chrysaora die dreifache Menge dieser Substanz, einer andern 0.36 gr. eines concentrirten alkoholischen Auszuges (Chavicin- und Piperin-haltig) von schwar-

zen Pfefferkörnern und einer dritten 14 mgr. Sublimat. Einen sichtlichen Erfolg der Pilocarpininjection konnte ich weder in einer Veränderung der Contractionen an der Subumbrella, noch in einer Einwirkung auf das im cölenterischen Raume befindliche Fibrin bemerken, so dass auch diese Bemühungen keinen Anhaltspunct für eine Production von enzymatischen Verdauungssecreten lieferten. Ueber die Erscheinungen, welche nach den Injectionen von Sublimat und Pfefferharz eintraten, werde ich an andrer Stelle ausführlicher berichten; hier sei nur bemerkt, dass ihre Wirkung sich an dem Fibrin ebensowenig wie die des Pilocarpins offenbarte. Auch stark gepfeffertes Fibrin wurde in den Nahrungsräumen keiner Medusenart (Aurelia, Chrysaora und Verwandte, Rhizostomum) in vier Tagen enzymatisch verändert.

Meine früheren Untersuchungen hatten ergeben, dass bei einigen Cölenteraten das Körpergewebe deutlich nachweisbare Mengen von Pepsin enthält; ich bin bisher den Nachweis schuldig geblieben, ob dieses im lebenden Thiere wirkungsfähig werden kann oder nicht. Versuche hatten bei Aethalium septicum ein negatives Ergebniss zur Folge gehabt, und nur mit geringen Erwartungen unternahm ich desshalb diesen entsprechende Versuche bei den Cölenteraten.

Ich bediente mich zu diesen Versuchen etwa 2—3 Zoll langer Fibrinflocken, welche ich 4—5 Tage vorher vom Schlachthause frisch erhalten und, sogleich in reinstes Glycerin gelegt, nach Helgoland mitgenommen hatte. Diese zog ich mittelst einer Nadel dicht unter der Epidermis oder den tiefer liegenden Schichten durch die Actinien hindurch und trennte die so operirten Thiere von den übrigen. Wohl 20—30 Actinien wurden in dieser Weise hergerichtet, und das Resultat, welches mit grosser Constanz eintrat, war für mich ein überraschendes. Im Verlauf von 8 bis 14 Stunden war das Stück des Fibrinfadens, welches mit dem Körpergewebe der Actinien sich in Berührung befunden hatte,

regelmässig verschwunden, und die Section lehrte, dass es auch resorbirt war, denn nichts war davon in der künstlich geschaffenen Rinne wahrzunehmen. Die beiden aus dem Körper hervorstehenden Enden der Flocke befanden sich im Wasser.

Bei Cyanea capillata und einer andern mir nicht bekannten Meduse bedurfte es zur Auflösung des in Richtung der Hauptaxe des Thiers durch die Scheibe hindurchgezogenen Fibrinfadens ungefähr der gleichen Zeit[1]), während ich bei Chrysaora hyoscella keine so sichere Resultate erzielen konnte. In der Nähe der Randtentakeln durch die Scheibe gezogenes Fibrin wurde bei Chrysaora nach drei Tragen überhaupt nicht sichtlich verändert. Auch bei Lucernaria auricula zog ich Fibrin-

[1]) In auffallender Uebereinstimmung mit der von mir gemachten Zeitangabe über den Eintritt der Fibrinverdauung im Gewebe der Actinien und Medusen befindet sich eine Mittheilung von *Fritz Müller* (die Magenfäden der Quallen. Z. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542). Er sah, dass ein Stück vom Hintertheile eines Alpheus und Muskeln aus einer Krabbenscheere, welche er mit den, einer lebenden Tamoya hoplonema entnommenen „Magenfädengruppen“ bedeckt und mit ein wenig reinem Seewasser übergossen hatte, in 10—12 Stunden vollständig resp. fast ganz zu einer trüben Flüssigkeit gelöst waren, während entsprechende Stücke der Krebstheile in reinem Seewasser sich während dieser Zeit nicht merklich verändert zeigten. Hierdurch glaubt er den Beweis für eine Production von Verdauungssecreten in den „Magenfäden“ geliefert zu haben. Ich möchte dagegen geltend machen, dass eine tryptische Wirkung, wie sie bei dieser Versuchsanordnung zur Verdauung des Muskels erforderlich ist, schon an sich bei den Medusen mir bedenklich erscheint, da ich mich an einer ziemlich grossen Anzahl von Arten überzeugen konnte, dass das Körpergewebe der Medusen regelmässig nur ein peptisch wirkendes Enzym enthielt. Würde sich bei Tamoya in der That Trypsin nachweisen lassen, so wäre das unzweifelhaft ein Ausnahmefall, der eingehender untersucht werden müsste. Für die Annahme eines hinreichend sauren peptisch wirkenden Secretes müssten aber nicht weniger stringente Beweise beigebracht werden, weil dessen Existenz nicht weniger merkwürdig wäre. Vorausgesetzt, dass *Fritz Müller's* Versuchsresultat nicht die Folge von eingetretener Fäulniss oder einer Beimischung von Arthropodensecreten ist, kann es nur meine Versuche, nach denen Zellen des Körpergewebes selbst eine verdauende Fähigkeit besitzen, bestätigen und nicht die Existenz von Verdauungssecreten bei dieser Medusenart beweisen.

fäden derart durch den Körper hindurch, dass ein Theil des Fibrins in den cölenterischen Raum hineinragte. Bei diesen Versuchen bemerkte ich aber an keiner Stelle des Fibrinfadens trotz mehrtägigen Verweilens an diesen Plätzen eine Veränderung, und dasselbe muss ich von den entsprechenden Versuchsreihen an Alcyonium digitatum berichten, sei es dass die Fibrinfäden, um das Fibrin mit dem Körpergewebe von möglichst vielen Einzelpolypen in Contact zu bringen, dicht an der Aussenfläche des Polypenstammes hingeführt oder durch diesen in senkrechter Richtung hindurchgezogen wurden.

Zur Prüfung des Körpergewebes auf Enzyme bediente ich mich meist der Glycerinauszüge[1]); von Cyanea capillata und Actinia mesembryanthemum conservirte ich zu diesem Zwecke ausserdem noch mehrere Körpertheile in Alkohol. Diese Versuche wurden, wie alle früheren, im hiesigen physiologischen Institute ausgeführt. Es wurde dabei eine constante Temperatur von 38—40$^0$ C. eingehalten. Die Versuche durch gekochte Proben controlirt, führten zu folgenden Ergebnissen: Die Glycerinextracte der weichern Partieen des Medusenkörpers (Mundtentakeln, Magenstiel, Subumbrella) von Chrysaora, Cyanea und Aurelia verdauten in (selbst mit Salicylsäure versetzter) 0.2procentiger HCl, 1—2procentiger Milchsäure und in Weinsäurelösungen verschiedener Concentration rohes, kein gekochtes Fibrin, innerhalb 2—6 Stunden unter Bildung von Peptonen, deren Gegenwart im Dialysate der verdauten Masse durch Natronlauge und Kupfervitriol in bekannter Weise nachgewiesen wurde. In Lösungen dieser organischen Säuren von $^1/_2$ pCt. tritt die Wirkung immer erst viel später ein als in solchen von 1 pCt. Dieses Verhalten deutet schon auf den Mangel an tryptisch wirkenden

---

[1]) Die Gewebe wurden sorgfältig an der Aussenseite erst mit Brunnenwasser, dann mit destillirtem Wasser abgewaschen und darauf mit dem Glycerin verrieben.

Enzymen hin, deren vollkommene Abwesenheit durch die Unwirksamkeit der Glycerinextracte und der wässerigen Auszüge der erwähnten Alkohol-Conserven selbst rohem Fibrin gegenüber in 2procentiger Sodalösung oder neutraler Flüssigkeit im Körpergewebe dieser Medusenarten verbürgt wird. Die dialysirten Glycerin- resp. die angeführten wässerigen Auszüge keiner Medusenart liessen eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke nach zweistündiger Digestion bei 38° C. erkennen; Stärkekleister, mit den nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen versetzt, lieferte bei Cyanea und Aurelia dasselbe negative Resultat, und nur bei Chrysaora könnten sich Spuren von Diastase finden.

In gleicher Weise wurde der Pepsingehalt im Körpergewebe von Actinia mesembryanthemum festgestellt. Ich bediente mich hier der Tentakeln und der mehr äusserlich gelegenen, resistenteren Gewebstheile zur Untersuchung, während ich die Gebilde drüsiger Natur möglichst vollständig entfernte und nicht näher untersuchte. Es wirken die Glycerinauszüge wie die von den Medusen; die Rapidität der Wirkung war ebenfalls ziemlich die gleiche und auch in Salicylsäure-haltiger 0,2procentiger HCl war die Verdauung des rohen Fibrins in wenigen Stunden vollendet. Eine tryptische und diastatische Wirkung fehlte auch hier.

Aehnlich verhielten sich die durch Verreiben der ganzen Thiere mit Glycerin erhaltenen Extracte von Tubularia coronata, Lucernaria auricula und von den aus dem Stamme von Alcyonium digitatum herausgedrückten Einzelpolypen. Bei allen diesen Cölenteraten sah ich eine Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin bei neutraler oder alkalischer (1—2 pCt. Soda) Reaction nach Tagen nicht eintreten, und von Diastase könnten nur bei Tubularia geringe Mengen vorhanden sein, wenn schon auch hier die dialysirten Extracte kaum eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erkennen liessen. Ein peptisches Enzym wird sich bei allen diesen Formen finden; es war

bei Tubularia an seiner nach 6—8 Stunden eintretenden, fibrinverdauenden Wirkung in 0.2procentiger mit Salicylsäure versetzter HCl deutlich nachweisbar. Bei Alcyonium trat in reiner 0.2-procentiger HCl eine Fibrinverdauung nach etwa sechs Stunden ebenfalls ein, blieb aber bei Salicylsäurezusatz aus, und der Glycerinauszug von Lucernaria wirkte erst nach etwa 10—14 Stunden in reiner 0.2procentiger HCl auf rohes Fibrin verdauend ein. Peptone hatten sich bei allen diesen Verdauungsversuchen gebildet.

Das Pepsin scheint demnach wirklich im Körpergewebe wenigstens einiger Cölenteraten (Actinia, Cyanea) wirkungsfähig werden zu können. Wie die nöthige Säure entsteht, ob diese in ausgiebigerem Masse überhaupt gebildet wird, darüber werden nur Injectionsversuche mit empfindlichen Farbstofflösungen entscheiden können. So grobe Versuche, wie ich sie mit Reagenspapieren bereits angestellt habe, und welche resultatlos bleiben, sind für die Entscheidung dieser Fragen bedeutungslos. Nur daran möchte ich erinnern, dass nach *J. von Rustizky*'s interessanter Beobachtung [1]) auch die Osteoklasten sauer reagiren, und es dürfte demnach nicht ganz unwahrscheinlich sein, dass eine saure Reaction auch einige Zellen im Körpergewebe der Cölenteraten auszeichnet.

Dass die nachgewiesene Verdauung des Fibrins in dem Körpergewebe von Cyanea, Actinia etc. nicht durch einen hypothetischen Darmsaft, dessen Nichtexistenz zur Genüge bewiesen sein dürfte, hervorgerufen wird, ergibt sich daraus, dass, wenn ich bei Actinia die Fäden ganz dicht unter der äussern Körperdecke, wohin nie Inhaltsmassen des cölenterischen Raumes bei meinen Versuchen gelangen konnten, hindurchführte, auch in diesen Fällen das Fibrin regelmässig aufgelöst wurde. Ich

---

[1]) *J. v. Rustizky*, Unters. über Knochenresorption und Riesenzellen. Virchow's Archiv, Bd. LIX., 1874. S. 223.

bin auf Grund meiner Ergebnisse von der Existenz einer Verdauung im Körpergewebe einiger Cölenteraten nicht weniger überzeugt als von der Abwesenheit enzymatischer Verdauungssecrete in den sog. Magen- und Gastrovascularräumen dieser Thiere. In wie weit jedoch diese Vorgänge im Körpergewebe selbst differenzirt und localisirt sind, darüber geben meine Untersuchungen selbstverständlich keinen Aufschluss.

Vielleicht könnten die der entodermalen Zellenlage direct anliegenden Stellen des Fibrins, was die von *Lewes* und mir beobachtete theilweise Quellung der Flocken andeutet, eine wirkliche Verdauung durch die Entodermzellen als solche erfahren. Eine Gewissheit ist über diesen Punkt schwer zu erlangen; früher mitgetheilte Versuche, bei denen ich möglichst rein den Zellenbelag des cölenterischen Raumes bei Actinia präparirte und mit negativem Erfolg auf ein peptisches und tryptisches Enzym prüfte, machen mir eine enzymatische Verdauung des Fibrins an den Berührungsflächen mit der Entodermis bei Actinia unwahrscheinlich.

In vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen sämmtlicher Forscher, welche sich ihre Ansichten über die Ernährungsvorgänge der Cölenteraten nicht nach dem blossen Augenschein bildeten oder durch die beobachtete Verdauung einer reich enzymhaltigen Kost in den cölenterischen Räumen über den Verdauungsmodus entscheiden zu können glaubten, lehren meine Versuche, ausgeführt an Vertretern der verschiedensten Classen des Cölenteratentypus, dass eine Verdauung in dem Darme dieser Thiere mittelst enzymatischer Secrete nicht existirt. Alle die zahlreichen Angaben über die Verdauung von Krebsen, Muscheln und Fischen in den cölenterischen Räumen der Zoophyten, welche die Existenz von verdauenden Secreten darthun sollten, beweisen nur die Richtigkeit der mir von Prof. *Kühne* ausgesprochenen Vermuthung, dass die Cölenteraten vorzugsweise auf die En-

zyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass nur mittelst dieser eine enzymatische Verdauung in den cölenterischen Räumen möglich ist. Der Organismus der Cölenteraten kennt nur eine Ernährung per resorptionem; er ist nicht befähigt, durch einen Verdauungssaft sich die enzymfreie, feste Kost selbst resorptionsfähig zu machen.

Im Anschluss an meine frühern Mittheilungen über die Ernährung bei den Ascidien sei bemerkt, dass mir mittelst des Glycerinauszuges der Nachweis eines peptischen (Wirkungslosigkeit auf rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 1 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) und tryptischen (Wirkungslosigkeit in 2procentiger Sodalösung) Enzymes im Körpergewebe von Amarœcium aureum nicht gelang. Die Thiere mussten ihrer Kleinheit wegen in toto mit Glycerin verrieben werden, und das Dialysat dieses Extractes äusserte während zwei Stunden nur eine geringe diastatische Wirkung auf gekochte Stärke. Durch die Stöcke hindurchgezogene Fibrinfäden erfuhren nach 4—6 Tagen keine enzymatische Veränderung.

Das Glycerinextract des Darmes[1]) von Echinus esculentus verhält sich ähnlich wie das von den untersuchten Toxopneustesarten. Es verdaute rohes Fibrin im Laufe von etwa 4—6 Stunden in 2procentiger Sodalösung; in 0.2procentiger HCl, 2procentiger Weinsäure, wie 1procentiger Milchsäure wurde rohes Fibrin gleichfalls in wenigen Stunden verdaut. Der Verdauungssaft von fast neutraler, jedenfalls nicht saurer Reaction zeigte dasselbe Verhalten, nur in ausgeprägterem Grade. Schon nach 1—2 Stunden war in 0.1—0.2procentiger HCl und in thymo-

---

[1]) Nach *Valentin* (l'Anatomie du genre Échinus. Neuchâtel, 1842. 4e Livraison des Monographies d'Échinodermes. Tab. VII, Fig. 126, 131 und 133) besitzen die Darmwandungen von Echinus ein ähnliches inneres, aus Leberzellen gebildetes Epithelium wie die Darmwände der Lumbricinen.

lisirter 1—2procentiger Sodalösung rohes Fibrin von ihm verdaut. Das dialysirte Glycerinextract enthielt Diastase.

Ebenfalls ergaben die Untersuchungen von Solaster papposus nichts, was von den Verhältnissen bei Astropecten aurantiacus und Asteracanthion glacialis abwiche. Der Glycerinauszug der Lebern erwies sich sehr reich an dem bekannten trypsinähnlichen Enzyme, welches in etwa zwei Stunden rohes Fibrin ohne Bildung des durch die Bromwasserreaction gekennzeichneten Körpers verdaut, dessen Wirksamkeit durch Thymol nicht inhibirt wird, und welches auch verhältnissmässig rasch gekochtes Fibrin unter Bildung von Peptonen in lösliche Substanzen überführt. Reich ist das dialysirte Extract an Diastase, und auch ein peptisches Enzym befindet sich in ihm; diese Enzyme verhalten sich in ihren Eigenschaften vollkommen identisch mit denen, welche ich aus den Lebern von Astropecten und Asteracanthion beschrieben habe. Es ist bisher nicht näher untersucht, ob in die Lebergänge der Asteriden Speisebrei gelangt (wie z. B. *Bronn*[1]) vermuthete) oder nicht, ob das Verhalten bei den Asteriden mehr dem Verdauungsmodus der Aeolidier oder dem der Aphroditiden gleicht; ich behalte mir vor, durch Fütterungsversuche auch diese Frage demnächst ihrer Entscheidung näher zu führen.

---

[1]) *Bronn*, Classen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. II, 1860. S. 330.

# Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut.

## Macula lutea und Fovea centralis.

Neue Gelegenheit *Horner*'s Bemerkungen über das Aussehen der Fovea centralis in situ zu bestätigen, gewährten mir zwei am 5. Nov. aus bewährter Quelle, der ich abermals zu grossem Danke verpflichtet bin, empfangene Augen eines 51jährigen gelähmten Blödsinnigen. Derselbe war am 4. Nov. Mittags im verdunkelten Zimmer gestorben und die Section hatte Erscheinungen tertiärer Lues mit diffuser Hirnsclerose ergeben. Die Augen waren am Tageslichte exstirpirt, aber mit geringstem Zeitverluste in ein schwarzes Glas und in Eis verpackt worden. Als ich sie erhielt, war die Cornea von normaler Durchsichtigkeit.

Eins der Augen vor Natronlicht eröffnet, zeigte die Retina faltenlos, sehr leicht vom Epithel, vom Glaskörper dagegen nicht trennbar, am gewöhnlichen Lichte rosa, mit der bekannten gegen den Aequator zunehmenden Färbung und einer äusserst intensiv grünlichgelben Macula, worin die Fovea ein sehr kleines, farbloses Pünktchen bildete; die Stäbchen und Zapfen waren überall vollkommen erhalten und frei von Epithelpigment.

Das andere am Tageslichte untersuchte Auge sah leuchtend roth aus, wenn man es mit der gesäuberten Sclera gegen das Licht gewendet durch die Cornea betrachtete. Wie die Iris von ungewöhnlich heller, wasserblauer Farbe war, so enthielten das Retinaepithel und die Chorioïdes sehr wenig dunkles Pigment und einzelne Stellen des Hintergrundes waren so hell, dass man im eröffneten Auge das leichte Rosa des noch erhaltenen Stäbchenpurpurs deutlich davor bemerken konnte. Selbst an den dunkleren Stellen machte sich der feine von Sehpurpur gefärbte Schleier geltend, denn es war gar nicht schwer, zwei aus der vorderen Hälfte des ersten, im gelben Lichte präparirten Auges geschnittene Stücke, denen die Retina noch fest anlag, nach gehöriger Belichtung des einen zu unterscheiden, indem man dessen helle nussbraune Farbe mit der mehr chocoladeähnlichen des dunkel gehaltenen verglich.

In dem in Salzwasser liegenden Augengrunde war trotz der Bedeckung durch den auch hier unlösbar mit der Netzhaut verbundenen Glaskörper die Gegend des gelben Fleckes sofort zu erkennen und die Fovea centralis mit grösster Deutlichkeit sichtbar. Die erstere wurde durch stärker braune Pigmentirung bezeichnet, worin die Fovea als ein noch dunkleres, intensiv rothbraunes Pünktchen auffiel. Da sich die stärkere Pigmentirung hinter

der Retina nicht ganz so weit in der Richtung zur Papille erstreckte, als das Gelb der Macula, so war es ausserdem möglich, in dieser Gegend etwas von der letzteren charakteristischen Farbe in situ zu erkennen. Nachdem einige competente Beobachter dem Befunde zugestimmt und wir uns überzeugt hatten, dass das ungeschwächte Licht der Mittagssonne nichts an der Erscheinung änderte, hob ich die Netzhaut bis zum Papillenansatze von der Unterlage empor; man sah darauf die ganze Macula lutea in der flottirenden Membran mit gelber Farbe hervortreten und die Fovea, je nachdem Licht durchfallen konnte oder mittelst der dunkeln Hohlschale des Auges abgehalten wurde, dunkel oder hell zum Vorschein kommen. Wiederholt gelang es hierauf die Netzhaut so vollkommen an ihren ursprünglichen Platz zurücksinken zu lassen, dass alle Theile der Macula, mit Ausnahme der erwähnten, sogleich als gelb erkannten Stelle, nicht mehr gelb, sondern braun erschienen und die Fovea so dunkelrothbraun, wie ursprünglich. Als die Retina später von der Papille abgeschnitten, gänzlich herausgenommen worden, erwies sie sich unversehrt und in der Fovea continuirlich mit kaum veränderten Zapfen besetzt.

In dem von der Netzhaut befreiten Augengrunde blieb der dem gelben Flecke entsprechende Ort noch durch stärkere braune Pigmentirung kenntlich, aber es war darin kein kleineres, etwa noch tiefer gefärbtes Pünktchen, das der Fovea entsprochen hätte, zu bemerken, und als ich das Epithel nach zweitägigem Liegen des Präparates in *Müller*'scher Flüssigkeit in Gestalt eines gut zusammenhängenden, fast die ganze Unterlage der Macula darstellenden Plättchens von der Chorioïdes abhob, fand ich darin den Ort der Fovea wohl durch die nach einem entsprechenden Punkte hin immer kleiner werdenden Epithelzellen, aber nicht durch zunehmendes oder tiefer gefärbtes Pigment bezeichnet. Sämmtliche, selbst die kleinsten Epithelzellen zeigten einen centralen, vom Kerne herrührenden hellen Fleck. Die von dem retinalen Epithel vollkommen befreite Chorioïdea erwies sich überall ausserordentlich schwach oder kaum pigmentirt; doch blieb auch an dieser die Gegend der Macula als ein diffuses etwas dunkleres Fleckchen kenntlich, in welchem ein noch dunkleres centrales Pünktchen wiederum nicht zu entdecken war.

Nach diesen Beobachtungen beruht die Unsichtbarkeit der Maculafarbe in situ nur auf der ungünstigen Lage des durchsichtigen gelben Farbstoffs vor dem dunkeln Hintergrunde, denn wo der letztere weisslich genug ist, kommt das Gelb auch in der noch durchsichtigen, faltenlosen Netzhaut und vor dem Abheben zum Vorschein, während es im Uebrigen nach Belieben verschwindet, wenn sich dieselbe ungetrübte Retina wieder innig an das Pigmentlager schmiegt. So lange nicht nachgewiesen ist, dass eine aus dem lebenswarmen Auge schleunigst hervorgehobene Netzhaut der gelben Farbe im Umkreise der Fovea entbehrt, fehlt jeder Grund, den Farbstoff für ein cadaveröses Zersetzungsproduct zu halten und man wird sich inzwischen um so mehr dabei beruhigen dürfen, als kürzlich *Ewald* (vergl.

Bd. II, S. 241) ein entoptisches Bild von gelber Farbe entdeckte, das den Fixirpunkt einnahm. Der Fovea centralis endlich kommt weder ein eigener Farbstoff zu, noch beruht die dunkle Färbung, in welcher sie in situ erscheint, auf stärkerer Pigmentirung ihrer Unterlage; das natürliche Aussehen der Fovea ist also wesentlich bedingt durch die grösste Durchsichtigkeit dieser Netzhautstelle, und kann daher in der Leiche nicht durch Lichtwirkung in der Zapfenschicht, sondern nur durch solche Vorgänge verändert werden, welche die Retina trüben oder vom Epithel trennen.

---

## Netzhautpigmente der Raubvögel.

Milvus regalis. Eine Gabelweihe 8 Tage im Freien im mit Glas gedeckten Käfige, zuletzt vor dem Tode im Dunkeln gehalten, zeigte eigenthümlich violettbraune Retina, deren Farbe am Tageslichte schnell etwas abnahm, jedoch nur in blasseres, an der Sonne noch bräunlich bleibendes Chamois überging. Bei der mikroskopischen Untersuchung war an den Stäbchen Färbung nicht mehr mit Sicherheit zu constatiren, entweder weil dieselbe überhaupt zu schwach war oder wegen der Nachbarschaft ausserordentlich zahlreicher Zapfen mit sehr intensiv gefärbten Kugeln. Fast überall und besonders in einem bedeutenden Flächenraume um das Centrum des Augengrundes fiel dieser Reichthum an Zapfen auf; die Kugeln waren purpurn bis rubinroth, orange, gelbgrün und gråsgrün, nirgends farblos, an der Peripherie beträchtlich grösser, als in den viel schmäleren Zapfen der centralen Bezirke. Anscheinend farblose, in sehr geringer Menge vorhandene, zugleich besonders kleine Zapfenkugeln zeigten genauer oder mehr isolirt in zerzupften Objecten betrachtet noch schwache aber unverkennbar grüne Färbung, und ebenso untersucht liessen die mir bisher bei anderen Vögeln nicht vorgekommenen gesättigt grünen Kugeln keinen Zweifel über die Existenz eines eigenen, rein grünen Farbstoffs in dieser Netzhaut. Die ziemlich langen und kräftigen Stäbchen fand ich an der Peripherie anscheinend ohne Regel zwischen den Zapfen stehend, dann in Kränzen, ähnlich wie beim Menschen um einzelne, hier um Gruppen der bunten Zapfen angeordnet, nächst dem Centrum wieder regellos und ganz im Centrum, wie mir schien, nicht mehr auftretend. Einzelne mit Pigmentepithel behaftete Stellen der Netzhaut glatt gegen ein gestütztes Deckglas ausgebreitet zeigten die Zellmosaïk von grösster Regelmässigkeit, aber durch dieselbe nur Stäbchen, nirgends Zapfen durchschimmernd, so dass trotz des ziemlich hellen Bildes keine Spur des unvergleichlich farbenprächtigen Anblickes, welchen diese Netzhaut nach Entfernung des Epithels gewährt, wahrzunehmen war. Die Epithelien enthielten keine Fettkugeln und keine anderen Pigmente, als die bekannten tiefbraunen, kleinen Nadeln; ebenso fehlten myelinartige, in Galle lösliche Einlagerungen in den farblosen Hüten, deren Inhalt im Uebrigen glänzend und streifig aussah.

In der Erwartung die Retina der Weihe der des Falken etwa ähnlich zu finden, hatte ich das Thier genau 30 Minuten vor der Untersuchung ins Dunkle gebracht, um eine der Proben, die ich mir zur Feststellung der Regenerationszeit des Sehpurpurs bei den Vögeln vorgenommen, auszuführen. Wenn der Befund daher noch Zweifel an der Existenz des Sehpurpurs lässt, insofern die Stäbchenfarbe noch nicht vollständig wieder hergestellt sein konnte, so ist dies um so mehr zu bedauern, als andernfalls bei diesem Raubvogel eine Netzhaut aufgefunden wäre, deren Sehzellen ohne Ausnahme Färbung besitzen. Lichtempfindlichkeit war an den Zapfenkugeln (mit Einschluss der grünen) in 2 Tagen bei trübem Wetter nicht zu bemerken.

Heteroaëtos melanoleucus, junger Aguya von Valparaiso, im zoologischen Garten zu Hamburg zufällig schwer beschädigt, dort im Dunkeln getödtet und mit lichtdicht verbundenem Kopfe versendet. Das Auge dieses Adlers gleicht in der Gestalt dem der Gabelweihe, ist jedoch platter; die Retina, vor Natronlicht präparirt ist beinahe farblos, zeigt nirgends Spuren von Sehpurpur, vorwiegend Stäbchen von beträchtlicher Dicke und mässiger Länge, sämmtlich deutlich quergestreift oder im Plättchenzerfalle begriffen, die spärlichen Zapfen mit rubinrothen, brandrothen, orange, gelben und sehr blass bläulichgrünen Kugeln versehen, worunter die letzteren die kleinsten sind. Das Epithel enthält keine Fettkugeln und nur schwarzbraunes Pigment. Die Retina haftet fest am Glaskörper.

Nyctaëtos lacteus aus Afrika, durch dieselbe Veranlassung, wie der vorige von Dr. *Bolau* mir gütigst zur Verfügung gestellt, ein seit 12 Jahren im Hamburger Garten gehaltenes Prachtexemplar. Das Auge hat den trichterförmigen Bau, den Knochenring, die halbkugelige Cornea des Eulenauges und dunkelbraune Iris. Die fest mit dem Glaskörper verbundene Retina ist im Centrum völlig farblos, dabei weisslich opak, am Rande hingegen so tief purpurn, wie ich sie noch bei keinem Thiere gesehen, wie mit dickem Kirschsafte bestrichen, aber weniger violet als bei andern Eulen. Die Farbe verging in mässiger Nachmittagsbeleuchtung (9. Nov. 3 Uhr) ziemlich langsam, aber vollständig unter Uebergang durch Rosa, Chamois und bald schwindendes Gelb. Ueberall fanden sich vorwiegend Stäbchen von derselben beträchtlichen Länge, etwa wie bei unsern einheimischen Eulen, aber von mindestens doppelter Dicke, sehr wenige Zapfen und in diesen ausschliesslich äusserst blasse, kaum bemerkbar grünlichblau gefärbte Kugeln. Das Epithel enthielt ausser reichlichem braunem Nadelpigment farblose Kugeln vom Glanze des Fettes, die sich in Alkohol-Aether, nicht in Galle, lösten. Das eigenthümlich opake Aussehen der Netzhaut fand ich bedingt durch massenhafte markhaltige, varicöse Nervenfasern in den vorderen Schichten.

Nach dem ganzen Befunde ist kaum zu bezweifeln, dass die Netzhaut nach längerem Dunkelaufenthalte, als dem wahrscheinlich gewährten[1]), überall

[1]) Die Thiere waren, wie mir später mitgetheilt wurde, nur 10 Min. im Dunkeln gewesen.

so purpurn geworden wäre, wie an der im Allgemeinen besser vor Licht geschützten Peripherie und dass die dort zur Beobachtung gekommene intensivere Färbung noch nicht einmal die Sättigung der Stäbchen mit unzersetztem Sehpurpur, namentlich nicht den vermuthlich tief violetten Zustand dargestellt habe, welcher dem von Sehgelb freien Purpur dieses Thieres entsprechen würde. Im Dunkelauge dieses Nachtvogels dürfte die Farbe der Retina etwa der des Heidelbeersaftes gleichkommen.

Strix flammea. L. todt, aber noch warm in der Dämmerung erhalten, bis zum andern Morgen im Dunkeln kalt conservirt. Die Netzhaut wird schon matschig und vom Glaskörper leicht trennbar gefunden, von violetter Farbe, mit sehr langen, feinen Stäbchen, mässig reichlichen und, wie es scheint, im Centrum am weitesten von einander entfernten Zapfen, deren Kugeln eben bemerkbar gelblichgrün erscheinen. Auffallender Weise verwandelte sich der Sehpurpur am Tageslichte nicht in Gelb, sondern in eine braunröthliche Burgunderfarbe, welche sehr langsam und ohne Durchgang zu andern, namentlich keiner gelben Nuance, allmälich vollkommen schwand. Da ich die Erscheinung auch am mikroskopischen Objecte, wo sich viele Stäbchen zu stärkeren Klumpen zusammengeballt hatten, verfolgen konnte und sie an Stellen sah, die ganz frei von Epithelpigmenten waren, so sind Täuschungen durch diese ausgeschlossen und deutet die Beobachtung auf eine chemische Verschiedenheit dieses Sehpurpurs von dem der übrigen Eulenarten.

Das Epithel enthielt ausser dem braunen Pigmente im hinteren Theile der Zellen massenhaft abgelagert, orangefarbene eckige Pigmentkörnchen, an wenigen Stellen auch tiefgelbe Fetttropfen. Alkohol verwandelte einen Theil der Körnchen in orangefarbene, etwas größere Kugeln, während Aether diese und sämmtliche amorphen Farbekörnchen auflöste.

Bubo virginianus. Gmel., aus Maracaïbo, älteres Exemplar, seit dem 27. Nov. im Hellen gehalten, in der Frühdämmerung am 1. Dec. nach plötzlich eingetretener Kälte todt gefunden, darauf sogleich ins Dunkle gebracht. Das grosse Auge, mit hellgelber Iris, liefert die Retina am Glaskörper haftend, von prachtvoller, tief purpurbrauner Farbe, welche am Lichte schnell in chamoisbraun, gelb und schiefergrau übergeht. Die mikroskopische Untersuchung zeigt zwischen den ausserordentlich langen und dünnen rosenrothen Stäbchen überall feine, ungewöhnlich lange Nadeln des braunen Epithelpigmentes, so dass die Zapfen erst nach dem Zerfasern oder durch Druck auf das Object sichtbar werden. Die Zahl der letzteren ist sehr gering und es zeigen die an der Wurzel ihrer Aussenglieder gelegenen, auffallend kleinen Kugeln nur sehr schwache hellgelbe Färbung, andere einen kaum wahrnehmbaren grünlichblauen Schein. Das Retinaepithel erweist sich als sehr kleinzellig und führt ausser dem genannten schön krystallinischen, braunen, nur an wenigen Stellen etwas gelbes körniges Pigment.

## Vorkommen der Sehleiste.

Bd. 1, S. 79 berichtete ich, dass sich etwas dem tiefpurpurnen Horizontalstreifen der Kaninchennetzhaut Aehnliches in manchen Thieraugen angedeutet finde. Da die Sehleiste inzwischen morphologisches Interesse erregt hat (vergl. *L. Lœwe* Arch. f. mikr. Anat. XV. 4, S. 588 u. 589) werden die folgenden Notizen willkommen sein.

Die in Salzwasser herausgenommene Netzhaut des Ochsen erscheint in zwei Hälften ungleich intensiver Purpurfärbung geschieden, wovon die den Sehnerven einschliessende kleinere die hellere ist; eine scharfe Linie ohne Einbiegungen bildet weit nach vorne reichend die Grenze, welche dem zur Papille gewendeten Rande des glänzenden Tapetum genau zu entsprechen scheint. Tritt der Opticus oberhalb des hinteren Poles in den Bulbus, so ist die stärker gefärbte Retinahälfte die untere. In diesem Abschnitte nimmt der Purpur nach der Peripherie hin allmählich, aber sehr unbedeutend ab und in der Färbung der Stäbchenschicht ist keine weitere Andeutung zu bemerken, welche den übrigen weniger regelmässigen Grenzen zwischen dem irisirenden und dem schwarzen Grunde entspräche.

Nachdem mir mitgetheilt worden, dass der verstorbene Dr. *C. Sachs* die bis jetzt nur vom Kaninchenauge beschriebene Sehleiste später im Ochsenauge entdeckte, sah ich mir die Augen einiger etwa 1 Stunde vor dem Schlachten mit Augenbinden versehener Rinder wieder darauf an und fand, dass man an Alaunpräparaten an der erwähnten Grenze auch einen tiefer purpurnen Streifen sehen kann, der sowohl nach oben, wie nach unten, obschon in der letzten Richtung schwächer, so dass es an durchsichtigen, in Salzwasser flottirenden Netzhäuten nicht auffällt, sich abgrenzt. Besonders deutlich wird der Streif an Netzhäuten, welche faltenlos auf die convexe Seite eines Porzellanschälchens passender Größe, das unten emaillirt sein muss, angetrocknet sind und man sieht daran auch nach oben hin eine sehr schwache, wallartige Erhebung. Soweit die untere diffuse Grenze des Bandes es zuliess, mass ich die Breite des Streifens = 3 mm. Bei der Lichtbleiche erhielt sich derselbe erst lange als ein schmales, gelbes Band, nach dessen gänzlichem Erblassen nur die obere Grenze als schwache Erhebung grade noch kenntlich blieb, wenn man die Fläche spiegelnd am Lichte bewegte.

Im Auge des Schweins, das des glänzenden Tapetums bekanntlich entbehrt, vermochte ich keine eigentliche Sehleiste zu erkennen, obgleich zuzugeben ist, dass die obere Netzhauthälfte um ein sehr Geringes schwächer purpurn aussieht, als die untere. Häufig aber bemerkte ich in der sonst von der Sehleiste eingenommenen Zone einen sehr schwach bräunlichen, linearen Schatten, der von den zurückgebliebenen Fortsätzen des Pigmentepithels zwischen den Stäbchen herrührte und eine ähnliche, durch denselben Umstand bedingte, nicht so regelmässige und weniger continuirliche Zeichnung, welche der halbmondförmigen Figur eines unteren Tapetalrandes ganz entsprochen haben würde. Da es an Andeutungen über örtliche Verschiedenheiten des Retinaepithels und des Augengrundes solcher Augen, denen kein

besonderes glänzendes Tapetum mit pigmentfreiem Epithel zukommt, nicht fehlt, so wird das genannte Verhalten der Netzhaut des Schweines nicht beziehungslos sein.

Aehnlich wie beim Ochsen ist die Sehleiste des Hammels, sie reicht hier dem oberen Rande des bläulich schillernden Tapetums entsprechend, bis hart an die Papille, zeigt jedoch nach dieser Seite, wo die Netzhautfläche weniger intensiv gefärbt ist, als unter dem Horizonte, eine etwas diffuse Grenze. Das tiefer gefärbte, nach unten noch weniger scharf absetzende Band, an welchem keine leistenartige Verdickung zu erkennen war, hat mindestens die Breite des im Rindsauge gemessenen. An Alaunpräparaten erscheint der Purpur der Hammelnetzhaut intensiver, als beim Rinde und dem Schweine, von mehr violetter Nuance; ausserdem fiel das äusserst feste Haften des Glaskörpers auf, das vollkommene Entfernung von der Netzhaut und glattes Ausbreiten dieser auf convexer Unterlage unmöglich machte.

Die Retina des Hundes besitzt eine zwar feine, nur $^1/_2$ mm breite, aber recht deutlich auftretende Sehleiste, deren beide Grenzen sich etwa gleich scharf gegen den überall fast gleichmässig purpurnen, nur nach oben unbedeutend helleren Netzhautgrund abheben. Das Band, an welchem ohne weitere Hilfsmittel keine Verdickung der Retina zu erkennen ist, verläuft genau vor der oberen Grenzlinie des silberglänzenden Tapetum, scheint aber, wie auch beim Ochsen und dem Hammel, weiter nach vorn zu reichen, als diese. Die untere Tapetalgrenze sah ich auf der an Blutgefässen mässig reichen Netzhaut nicht abgeprägt, als ich aber die Augen im Hellen gehaltener Hunde in Alaun härtete und deren im Leben entpurpurte Retinae herausnahm, fand ich das gesammte Tapetalepithel, soweit es pigmentfrei ist, in Gestalt eines gelblichen, von der Rückseite nicht glänzend erscheinenden Belages an der Stäbchenschicht haftend, so dass der entleerte Augengrund jetzt an Stelle des bekannten silberähnlichen Tapetums nur einen weit kleineren, diffusen und durchaus nicht irisirenden, hellen Fleck in der Chorioïdes aufwies. Von dem schwarzbraun pigmentirten Epithel war an der überall leicht abzuhebenden Netzhaut Nichts hängen geblieben.

Bei einer 2 Tage im Dunkeln gehaltenen jungen Katze fand ich die etwa $^1/_2$ mm. breite Sehleiste dem oberen Rande des Tapetums, das hier mit einer Ausbuchtung die Papille einschliesst, nicht ganz entsprechend, unter der letzteren nach oben deutlich begrenzt, verlaufend und keine Unterschiede der allgemeinen Purpurfärbung in der oberen und unteren Fläche der Retina; dagegen war die Leiste in beiden Augen symmetrisch schläfenwärts erheblich schwächer gefärbt und weniger deutlich.

Sollten eingehendere Untersuchungen, die mir jetzt leider unmöglich sind, ergeben, dass der purpurreichere Streif im Auge nicht überall eine Verdickung der Netzhaut darstellt, so würde der Name Sehgürtel geeigneter sein, als der bisherige. *W. K.*

# Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven.

Von

**W. Kühne.**

## I. Ueber secundäre Zuckung.

Unter den Erscheinungen des electrophysiologischen Gebietes schien keine seit lange so vollkommen erklärt und vor dem Schicksale, dass einst in sie hineingeheimnisst werde, besser gesichert, als die secundäre Zuckung. *Matteucci*, der die erregende Wirkung des zuckenden Muskels auf den angelegten Nerven entdeckte und die electrische Natur der Erscheinung, trotz seiner eignen dafür fast beweisenden Versuche verkannte, hatte zwar selber damit begonnen eine eigenartige Wirkung des primär erregten, im Muskel befindlichen Nerven dahinter zu wittern, aber schon bei der ersten Mittheilung der so viel Aufsehen erregenden Entdeckung an die Pariser Academie versagte sich der ältere *Becquerel* nicht, die Parallele vom Muskelschlage zu dem der electrischen Fische zu ziehen. Es ist bekannt wie *du Bois-Reymond* darauf das electrische Verhalten des contrahirten Muskels zur Erklärung der Thatsache heranzog und die ausschliesslich electrische Natur der secundären Erregung zweifellos feststellte. *Matteucci* hat die Berechtigung dieser Auffassung der inzwischen von ihm, wie er sagte, nach einem in England aufgekommenen Gebrauche, als inducirt bezeichneten Zuckung, später eingesehen und ausdrücklich anerkannt.

Nach *du Bois-Reymond* ist die secundäre Erregung Folge der negativen Schwankung des Muskelstromes, abhängig sowohl von der Grösse des den angelegten Nerven vor der Zuckung durchkreisenden Ruhestromes, wie von der Höhe des Abfalles, welchen dieser bei der primären Erregung erfährt, während sie nach *G. Meissner* durch eine mehr im Anschlusse an *Becquerel* aufgefasste electrische Entladung bedingt sein sollte. Im letzteren Sinne ist die Frage nach der Ursache der secundären Zuckung zum Ausgange der heutigen Erörterung über die von so vielen Seiten gesuchte Function der seither entdeckten motorischen Nervenendigung geworden, und *du Bois-Reymond* selbst ist es, der nach dieser Anregung die Untersuchung darüber begonnen, ob nicht ein Antheil der vom Muskel ausgehenden Wirkung noch einem andern Vorgange, als dem bis dahin ausschliesslich angenommenen zuzuschreiben sei; er schliesst eine grössere Reihe gesammelter Abhandlungen u. A. mit Angaben darüber ab, dass die direkt erregte Muskelwelle wenig geeignet sei, secundäre Zuckung zu erzeugen [1]) und hinterliess damit den meisten Lesern den Eindruck, als ob eine besondere und wesentliche Mitwirkung der intramuskularen Nerven zur Erklärung der Sache vorbehalten bleibe. Es war dies zwar gewiss die Absicht des Verfassers nicht, seinen schwerer wiegenden thatsächlichen Angaben gegenüber wäre es aber, so lange dieselben nicht widerlegt oder anderweitig verständlich geworden, unmöglich abweichende Auffassungen zu bannen.

### 1. Secundäre Zuckung vom direct gereizten Muskel aus.

Die folgende Bearbeitung dieses Gegenstandes bin ich genöthigt zurückgreifend auf einen eignen älteren Versuch zu beginnen, der, wie es scheint, fast ganz in Vergessenheit gerathen ist. Um den Unterschied des Verhaltens von Muskel und Nerv gegen dieselbe Behandlung und die Fähigkeit des vom Endquer-

---

[1]) Monatsber. d. Berliner Acad. 1874, S. 519 u. Ges. Abhandl. II, S. 732.

schnitte erregten Muskels die secundäre Zuckung zu erzeugen, in einem einzigen Versuche zu demonstriren, hatte ich einem hängenden Sartorius den Nerven des secundären Schenkels so angelegt, dass derselbe dessen Querschnitt nach unten überragte, und zuerst den Nerven, dann gleich weiter das Muskelende in sehr verdünnte Salzsäure getaucht: das Resultat war erst Ruhe des Schenkels, darauf primäre mit secundärer Zuckung gewesen. Ich hätte hinzufügen können, was mir schon damals, wie es fast selbstverständlich ist, bekannt war, und heute, da ich das Experiment gerne vorzeige, mehr als geläufig ist, dass der Erfolg vollkommen der gleiche bleibt, wenn der dem Sartorius weiter aufwärts angelegte Nerv nicht von der Säure berührt wird. Durch *du Bois-Reymond's* hiermit unvereinbare Angabe[1]) veranlasst, habe ich den Versuch neuerdings an überreichlich mit Curare vergifteten Sartorien angestellt und ihn wiederum fast unfehlbar gefunden. Ganz ebenso blieb der Erfolg nach Benetzung des Muskels mit Lösungen von NaCl, Alkalien, Metallsalzen, mit kohlensaurem Wasser, Froschblut, -Serum oder -Lymphe, kurz mit Allem, was bei ergiebiger Berührung am frischen Muskelquerschnitte, eine schnell verlaufende, nur einigermaassen deutliche Zuckung bewirkt, während das primär unwirksame Eintauchen in destillirtes Wasser oder in Sublimatlösungen von 1—2 pCt. keine Erregung des angelegten Nerven verursachte. Es ist kaum nöthig zu bemerken, das jeder Verdacht irgend welcher in metallischen Berührungen gelegener Electricitätsquellen völlig ausgeschlossen wurde, indem der Muskel an seiner schmalen Sehne isolirt aufgehängt wurde und der Nerv des secundären Präparats durch die Luft zu dem auf Glas gelegenen Schenkel führte.

Da die meisten durch Berührung des Muskelquerschnittes

---

[1]) Die Angabe *du Bois-Reymond's* (a. a. O.) lautet: „— man erhält auch keine secundäre Zuckung, wenn man eine Reizwelle in einem Sartorius oder Gracilis erregt, dem das erregbare obere Ende des Ischiadicus anliegt“.

mit Flüssigkeiten erzeugten Zuckungen augenscheinlich von geringer Kraft sind, muss ich bekennen von der grossen Energie und Constanz ihrer secundären Wirkungen, im Hinblicke auf die Unmöglichkeit Dasselbe durch Minimalzuckungen vom Nerven erregter Muskeln zu erhalten, etwas überrascht und durch den Widerspruch des auf diesem Gebiete erfahrensten Physiologen misstrauisch geworden zu sein. Es wird sich indess ergeben, dass kaum eine bessere Art, als die hier zu erörternde, existirt, um die Erregungswelle des Muskels oder die ihn durchlaufende electrische Veränderung zur Erregung eines Nerven auszunutzen.

Indem der Sartorius sich biegend und kräuselnd emporschnellt, kann der Verdacht entstehen, dass der angelegte Nerv ihn plötzlich an neuen Punkten ableite, was unter gewissen Umständen sog. „Zuckungen ohne Metalle“ erzeugen würde, die mit der electrischen Schwankungswelle nichts zu schaffen hätten. Ich legte daher eine Strecke des Muskels auf eine Glasplatte, deren Rand er um einige Mm. überragte, bettete den Nerven hinzu und quetschte beide mässig mit einer zweiten Glasplatte. Hinreichend plötzliche Benetzung des Querschnittes mit einer der genannten Flüssigkeiten hatte jetzt, ebenso wie das erste Abschneiden des Sehnenansatzes mit der Scheere, kräftige secundäre Zuckung zur Folge, obwohl sich der Nerv gar nicht auf der Muskelfläche zu verschieben vermochte. Noch besser gestaltete sich der Versuch, wenn ich den Nerven zwischen die fascienlosen Innenflächen zweier Sartorien leicht einwalzte und die aus den Glasplatten hervorstehenden Muskelenden einzeln oder beide reizte. Um noch sicherer zu gehen, wurde der Muskel über ein auf Kork gelegtes Glasplättchen gespannt und mit Igelstacheln so befestigt, dass das breite Ende, dessen Fleisch nur an den Rändern festgesteckt worden, frei über die Unterlage ragte: so gab auch der an der Verkürzung verhinderte, glatt bleibende Muskel secundäre Zuckung.

Wie man sieht ist der durch Dehnung an äusserer Formänderung

verhinderte Sartorius, bei direkter Reizung grade so gut zu secundärer Wirkung tauglich, wie der nach *du Bois-Reymond's* Versuchen bei starker Spannung vom Nerven aus indirekt gereizte Gastrocnemius. Dasselbe scheint für Muskeln, die umgekehrt durch Fixirung eines zuvor erreichten, hohen Verkürzungsgrades jedenfalls an bedeutenderen Gestaltsveränderungen verhindert worden, zu gelten, denn wenn ich einen Sartorius zwischen Glasplatten quetschte, nachdem er dort mittelst zweier Staniolstreifen, sammt dem anliegenden Nerven einige Augenblicke tetanisirt worden, so sah ich ihn später secundäre Zuckung erregen, falls nur so viel von seinem Ende aus den Platten hervorragte, dass daran direkte Reizung möglich blieb. Ich habe versucht die auch für indirekte Reizung nicht ganz unwichtige Frage durch bessere Einrichtungen vollkommener zu erledigen, aber ich habe keine zur Fixirung der Muskelform taugliche Einbettungsmasse finden können; leicht schmelzbares Parafin und Fette erstarren nicht schnell genug zu einem hinreichend unnachgiebigen Panzer, während für diesen Zweck genügend schnell erhärtender Gipsbrei sich zu sehr erwärmt und den Geweben an der Oberfläche zu viel Wasser entzieht.

Ausser dem Anlegen des Scheerenschnittes, ist der mechanische Reiz des Unterbindens mit trockenen oder in Salzwasser getränkten Fäden am Muskel primär, wie secundär wirksam, und ruft häufig eine ganze Reihe von Zuckungen in beiden Präparaten hervor. Ordentlichen primären oder secundären Tetanus von einem in den *Heidenhainschen* mechanischen Tetanometer gezogenen Sartorius zu erzielen, gelang nicht; auch ist es mir nie gelungen secundäre Zuckung von einem durch concentrirtes Glycerin erregten curaresirten[1]) Sartorius zu erhalten.

---

[1]) Meine ältere Angabe, dass concentrirtes Glycerin bei Curaremuskeln, im Gegensatze zu normalen, am Querschnitte als Reiz wirkt, finde ich für das jetzt käufliche krystallisirende, wasserfreie Glycerin bestätigt. Da normale Muskeln durch verdünntes Glycerin erregt werden, konnte an Zunahme

Die einzige Muskelreizung, welche nach meinen jetzigen Erfahrungen keine secundäre Wirkung giebt, ist die mit $NH_3$. Ich habe meine ältere Angabe, dass der $NH_3$-Tetanus keine secundäre Wirkung erzeugt, lediglich zu bestätigen und hinzuzufügen, dass es überhaupt keinen mit chemischen Mitteln direkt oder indirekt erzeugten Tetanus giebt, welcher secundären Tetanus hervorriefe; dagegen glaube ich mich früher getäuscht zu haben, als ich den von $NH_3$-Dämpfen erzeugten stossenden Einzelzuckungen secundäre Wirkung zuschrieb. Dieselbe ist mir zwar jetzt auch vorgekommen, aber niemals bei zuverlässigen, nicht zu sog. spontanen Zuckungen neigenden Nervmuskelpräparaten. Gegenwärtig mehr mit den so constanten Zuckungen normaler und selbst schwach erregbarer Schenkelpräparate vom Sartorius aus bekannt, kann ich den $NH_3$-Zuckungen diese Fähigkeit nicht mehr zuschreiben und selbst dann nicht, wenn die mit dem secundären Nerven belegte Strecke vor den vielleicht sogleich schwach nervenlähmend wirkenden Dämpfen geschützt wird. Uebrigens giebt es noch eine andere Art stossender Sartoriuszuckungen ohne secundäre Wirkung, nämlich die ohne kenntlichen Anlass auftretenden, anscheinend spontanen, welche allen mit diesem Muskel Vertrauten gelegentlich vorgekommen sein werden.

Mit $NH_3$-Dämpfen einige Zeit behandelte und bis zur stärk-

---

des Wassergehaltes durch die Vergiftung gedacht werden und ich bat daher Dr. *K. Mays* den letzteren zu bestimmen. Die Analyse ergab bei Fröschen, die während der Vergiftung ödematös geworden, Zunahme (= 2,97 pCt.) des Wassergehaltes von 79,06 auf 82,03 pCt., bei trocken gehaltenen Fröschen dagegen Abnahme (= 2,44 — 1,28 pCt.), da die Muskeln der vor der Vergiftung amputirten Beine 76,79 und 79,50 pCt. $H_2O$ gegen 79,23 und 80,78 pCt. $H_2O$ der einige Stunden nach der Vergiftung untersuchten enthielten. Die Muskeln wurden bei 110° C. getrocknet. Vielleicht beruhen die Zuckungen der Curaremuskeln durch Glycerin auf der von *Röber* gefundenen Verstärkung des Muskelstromes, deren Bedeutung hier vor kurzem *Hering* erkannte (vergl. unten).

sten Verkürzung gebrachte Muskeln liefern häufig hinterher sehr auffallende secundäre Wirkungen, wenn sie selbst gar keine erkennbare Bewegungen mehr ausführen. Es geschieht dies während des Anlegens eines neuen Querschnittes, wobei man den Eindruck empfängt, als ob noch sehr wirksame Erregungswellen im Muskel abliefen, ohne von Contraktionswellen gefolgt zu werden. Ich wage nicht darüber zu entscheiden, weil die Erscheinung öfter dahin führt, bei recht genauem Zusehen noch Spuren primärer Bewegung, in der Tiefe zwischen den Fasern erkennen zu lassen und weil sie jedenfalls in ein sehr vergängliches, bald ins gänzliche Absterben übergehendes Stadium fällt. Hier wäre genaue galvanometrische Untersuchung mehr am Platze, als die mit dem physiologischen Rheoskope und wegen der schon geäusserten Annahme einer von der contractilen zu sondernden, muskulären Leitsubstanz anzurathen.

Die günstigste Anlage des secundären Nerven ist augenscheinlich die mit dem erregbarsten Plexus sacralis und dessen nächster peripherer Fortsetzung, in möglichster Ausdehnung auf die untere Sartoriusfläche, und zwar so, dass etwa 3 Strecken jedesmal parallel der Muskelfaserung laufen; doch giebt es keine Anlegungsweise, welche bei nur einigermassen guter Nervenerregbarkeit nicht zu sehr kräftigen Zuckungen des Schenkels genügte.

Liegt der Nerv dem Muskel parallel, in ganzer Ausdehnung, gradlinig an, so kann es vorkommen, dass die secundäre Zuckung ausbleibt: dann hat eine Gruppe von Muskelfasern auf den Reiz nicht reagirt, wie man ohne Weiteres erkennt, wenn der Nerv an die Kante des Sartorius gelegt worden, von welcher aus durch Anlegen des Querschnittes nicht eher secundäre Zuckung entsteht, als bis die Scheere die zugehörige untere Strecke erreicht. Legt man den Nerven der Mittellinie des Muskels an, und quetscht man vom herabhängenden Ende her einen ent-

sprechenden kurzen Streifen in die Fleischmasse, so wirken weder Scheerenschnitte, noch Benetzungen der ganzen Schnittfläche mit geeigneten Flüssigkeiten secundär. Umgekehrt kann man den Muskel von beiden Kanten her mit zwei übereinander liegenden, nicht völlig bis zur Mittellinie reichenden, queren Einschnitten versehen und von einem weiter unten angebrachten totalen Querschnitte die besten secundären Zuckungen erzielen, während dann zwei andere mit ihren Nerven den Kanten näher angelegte Schenkel in Ruhe bleiben. Es genügen unter diesen Umständen äusserst schmale Muskelfasergruppen, deren Querschnitt den des Nerven durchaus nicht erreicht, und welche contrahirt nichts, als eine von Querfalten berandete Furche am Muskel erzeugen, sogar zu sehr energischen secundären Zuckungen. Was ich darnach erwarten durfte, gelang über Erwarten gut: ich befestigte grosse Sartorien, wie immer an ihrer unteren Sehne, mit einer guten Klemmpincette und riss sie vom breiten Ende her der Art auf, dass nur ein schmaler Streif von der Dicke mässiger Froschischiadici und $^1/_2$ bis $^2/_3$ der Länge des Muskels stehen blieb, indem ich das übrige Fleisch nach oben quer abschnitt. In der Regel ist der benutzbare Muskelrest ein der Kante naher Streif, so dass der Muskel nun die Gestalt eines Beiles hat. So lange der dünne glänzende Faden überhaupt noch selber leidlich auf den Scheerenschnitt und darauf auf HCl von 0,2—0,5 pCt. reagirt, thut es auch der Schenkel, dessen Nerv in möglichster Länge nur ihn und nichts von dem Kopfe des Beiles berührt. Der Versuch erfordert weniger Geschick und Eile, als es scheinen mag und wird, ich bin dessen sehr sicher, Jedem, der eine Stunde daran wenden will, trotz einiger Misserfolge das beschriebene Resultat liefern. Es ist gut nur Curaremuskeln dazu zu nehmen, die überhaupt für die meisten direkten Reizungen und secundären Wirkungen am geeignetsten scheinen. Das Auffasern oder Abreissen der Streifen durch Schneiden zu ersetzen, ist nicht rath-

sam, da schräg durchschnittene Muskelfasern für das schmale Bündel unverletzter die verderblichsten Nachbarn sind; es ist mir der Versuch auch nicht mit den bei genügender Länge übrigens noch zu dicken Sartorien kleiner, junger Frösche gelungen, vielleicht nicht wegen der merkwürdigen, von *Soltmann* [1]) entdeckten Eigenschaften der Muskeln junger Thiere. Den Sartorius des dünnbeinigen Laubfrosches zu versuchen fand ich noch keine Gelegenheit.

Da die secundäre Wirkung der Sartoriusfasern unter den eben genannten, gewiss denkbar ungünstigsten Bedingungen eintrifft, kann es nicht Wunder nehmen, dass auch der zu erregende Nerv in anscheinend ungünstigster Weise angelegt werden darf. Das Nervenstück braucht nur sehr kurz zu sein und kann ein weit vom eigenen Querschnitte und den erregbarsten Strecken des Plexus sacralis entferntes, also das der Kniekehle sein; es kann sogar rechtwinklig über die Muskelfasern laufen, oder den Muskel als kleinster Ring umschlingen. Ich brauche kaum zu sagen, dass man nacheinander viele secundäre Zuckungen beim Aufarbeiten eines einzigen Sartorius von unten nach oben erhält, indem man den Nerven bis zum letzten kegelförmigen Stückchen nach und nach hinaufschleift; auch scheint wenig darauf anzukommen, ob der Nerv dem erregten Muskelquerschnitte nahe oder fern anliegt.

Besonderes Interesse verdient die Erregung des rechtwinklig über den Muskel gebrückten Nerven. Die Lage wird leicht erzielt, indem man den N. Ischiadicus des, wie immer, auf einer beweglichen Glasplatte befestigten Schenkels mit dem Plex. sacr. an einen geeignet fixirten Glasstab klebt, und ihn nach mässiger Spannung der Innenfläche des hängenden Muskels anlegt oder den Muskel einfach darüber hängt. Im letzteren Falle wird die

---

[1]) *Soltmann*, Jahrb. f. Kinderheilkunde. 1877.

energischste Zuckung am Schenkel beobachtet, indem man dem mit beiden Enden herabhängenden Sartorius auf einmal einen Doppelquerschnitt anlegt, oder diesen in bekannter Weise benetzt. Für die letztere Abänderung empfiehlt es sich, den Muskel um die Aussenfläche zusammengeklappt über ein recht fein ausgezogenes, zweimal bajonettförmig gebogenes Glasstäbchen zu hängen und den Nerven genau auf den First zu legen. Wie indess die Querlage erzielt sein mag, immer wird man finden, dass es an dem von einem Ende erregten Sartorius keine Stellen oder Linien giebt, die secundär unwirksam wären, und da man das Nämliche auch für Längsanlagerungen mit sehr kurzen Nervenstrecken findet, so kann man also von diesem besonders regulär gebauten, jederseits mit Querschnitten versehenen Muskel, an welchem *du Bois-Reymond's* ganzes Gesetz des ruhenden Muskelstromes ungetrübt zur Erscheinung kommt, durchaus nicht behaupten, dass seine secundäre Wirksamkeit von der Grösse des Ruhestromes in dem Grade abhängig sei, um etwa in dieser Hinsicht von einem Aequator oder von neutralen Anordnungen reden zu dürfen.

### Secundäre Zuckung nach direkter electrischer Reizung.

Bis vor Kurzem sind die auf Benetzung des Muskelquerschnittes erfolgenden Zuckungen bekanntlich nach meinem Vorgange, als durch chemische Reizung entstandene aufgefasst worden. Nach *E. Hering*'s[1]) neueren Versuchen rühren dieselben aber von electrischer Reizung her, da nur leitende Flüssigkeiten und diese nur in dem Falle wirksam sind, dass sie ausser dem reinen Querschnitte auch eine Randzone der Muskeloberfläche, vielleicht nur einzelner Muskelfasern innerhalb des Querschnittes, einigermaassen plötzlich und in solcher Weise berühren, dass ihr Leitungs-

[1] Wiener Acad. Ber. LXXIX. 1879, 4. Jan.

widerstand klein genug bleibt. Die fraglichen Zuckungen sind hiernach kurz gesagt in die Classe der Zuckungen ohne Metalle zu verweisen und es ist *Hering*'s Verdienst, diese seit *Galvani*'s Zeiten unbekannt gebliebenen, in zahlreichen Beziehungen wichtige Art solcher Zuckungen entdeckt zu haben. Je schwerer ich mich anfänglich dem veränderten Thatbestande gefügt habe, desto weniger wünsche ich Zweifel über meine jetzige volle Zustimmung zu *Hering*'s Auffassung entstehen zu lassen. Es hatte mir zwar der Gedanke, dass Nebenschliessung zum Muskelstrome bei der mir ehedem von *du Bois-Reymond* empfohlenen und geschenkten Methode der chemischen Muskelreizung ins Spiel kommen könnte, vorgeschwebt, ich beging aber den Fehler, diesen, wie wir jetzt sehen, cardinalen Umstand für ausgeschlossen zu halten, nachdem ich Berührungen des Muskelquerschnitts mit blankem Platin oder Quecksilber ebenso unwirksam gefunden hatte, wie die Benetzung mit reinem Wasser und den Lösungen einiger Metallsalze, die ich ihrer Natur und Concentration nach für genügend gute Electricitätsleiter genommen hatte. Jetzt ist es aus *du Bois-Reymond's* späteren Arbeiten bekannt, dass die Grenze von Muskeln und Nerven an Metallen momentan polarisirt wird und von andrer Seite festgestellt, dass Sublimatlösungen, deren Unwirksamkeit am wichtigsten schien, dem Strome gegen alles Erwarten, fast ebenso grossen Widerstand bieten, wie reines Wasser.

Von allen Versuchen *Hering's* beweisen in meinen Augen die Zuckungen eines unverletzten Curaresartorius, auf Berührung mit Längs- und Querschnitt eines zweiten, am reinsten, dass der Muskelstrom im Stande ist, bei der Schliessung einen Muskel von gleichem Querschnitte und Leitungswiderstande zu erregen. Ich selbst bin in der Lage die Erregung eines Sartorius durch Nebenschliessung seines eigenen Stromes zu erweisen, während sich derselbe bereits an seinem Querschnitte mit einer leitenden Flüssigkeit in dauernder Berührung befindet und ohne dass er

irgendwo von Neuem benetzt würde, ein Nachweis, der mir um so nothwendiger schien, als damit die von *Hering* bezeichnete Aufgabe der Zukunft gefördert wird, neue Methoden zum Studium der chemischen Reizung zu finden, welche zu trennen haben werden, was ihr und was der Zuckung ohne Metalle zuzuweisen ist, wenn wir die am Querschnitt entblösste Muskelsubstanz durch Berührung mit einem chemischen Mittel erregen. *Hering* führt zwar selbst einen Versuch an, in welchem er die Benetzung des Muskels gänzlich vermied, indem er Längs- und Querschnitt mit Platin berührte und schnell leitend verband, wobei wirklich Zuckungen auftraten; da der Erfolg aber unsicher, oder meist ein sehr schwacher war und die metallische Berührung des thierischen Gewebes anderweitige Stromquellen nicht gänzlich ausschloss, hielt ich die folgende Abänderung für nöthig.

Um die electrische Erregung nur durch Nebenschliessung mittelst leitender Flüssigkeiten zum Vorschein zu bringen, hänge ich den Sartorius wie gewöhnlich an seiner spitzen Sehne auf, tauche ihn mit dem unteren breiten Ende so tief in NaCl von $^1/_2$ pCt. ein, dass er nicht mehr herausschnellt und ziehe ihn langsam wieder empor, bis der Querschnitt den Flüssigkeitsspiegel grade noch berührt. Hierauf lege ich seiner Innenfläche eine vorn meisselartig zugeschärfte Kochsalzthonwalze an und bringe deren anderes Ende durch das Salzwasser mit dem Muskelquerschnitte in leitende Verbindung. Um dies zu erreichen, dient folgende Einrichtung: auf einem gläsernen Träger ist ein Thonzapfen von der Dicke eines Bleistiftes angeklebt, dessen oberes Ende heberartig in das kleine an der Spitze desselben Trägers befindliche Gefäss reicht, welches die Lösung zur Benetzung des Muskelquerschnittes aufnimmt. Das Gefäss wird zweckmässig aus Wachs oder Parafin geknetet, worin das Salzwasser einen Meniscus bildet, der das Anhängen des Muskels gegen die Wände verhindert. Der Thonzapfen ragt aus demselben mit seinem

andern Ende ebenso nach abwärts, wie das stumpfe Ende der vorgenannten, ebenfalls gekrümmten Thonwalze von einem zweiten Träger frei herabhängt. Hebt man nun den Spiegel einer Salzlösung, die sich in einer breiten Schale befindet, schnell gegen die in der Luft hängenden Thonenden, so wird der ruhende Sartorius plötzlich mit einer Nebenschliessung von grossem Querschnitte versehen und von seinem eigenen Strome erregt. Zur Erzielung guter Zuckungen empfehlen sich besonders Curaremuskeln; ausserdem ist es nöthig den Versuch erst zu beginnen, nachdem der Muskel einige Zeit bis zum Abgleiten der überschüssigen Salzlösung von seiner Oberfläche gehangen hat und die zugeschärfte Thonwalze möglichst nahe über dem Querschnitte anzulegen, also ein möglichst kurzes Muskelstück abzuleiten. Bestenfalls habe ich auf diese Weise so heftige Zuckungen erfolgen sehen, dass der Muskel emporschnellte, wie wenn er direkt am Querschnitte mit Säure berührt worden, wobei er den Kreis natürlich unterbrach; in andern Fällen kam es zu Zuckungen, die zwar deutlich, aber so schwach waren, dass die Berührung nirgends gelöst wurde, und dann sah man die von *Hering* beschriebene dauernde Unruhe, die mit der Oeffnung des Kreises aufhörte, ohne jemals mit einer verstärkten Bewegung abzuschliessen. Die Unruhe besteht in einem Wogen und fibrillären Zucken, vorzugsweise der intrapolaren Strecke, und bei genauerer Betrachtung bemerkt man, dass sie am deutlichsten in der Nähe der Längsschnittelectrode, wo der Strom austritt, beginnt, was mit dem Erregungsgesetze des Muskels übereinstimmt. Zuweilen gelingt die Zuckung ohne Metalle mit den gewöhnlichen Thonelectroden, wenn man den frischen Sartoriusquerschnitt an die eine anklebt und die andere zugespitzte, möglichst nahe darüber, mit der Kante des Muskels berührt, worauf sich der Muskel bei Schluss des Kreises krümmt, nach der Oeffnung wieder streckt. Es können auch zwei Muskeln nach Einschaltung eines Hilfs-

thones in gleicher Richtung hintereinander zwischen die Electroden gebracht werden; man sieht dann die Zuckung, nach Verbindung der endständigen Thonzapfen durch Salzlösung, in beiden Präparaten besonders kräftig eintreten, während sie bei jeder zur Compensation der Muskelströme führenden Anordnung, die *Hering* bei directer Anlage auch unwirksam fand, ausbleibt. Ein anderes Verfahren besteht darin, die Muskeln um ihre Aussenfläche zusammenzuklappen und jeden mit dem Aequator und dem Doppelquerschnitte leicht zwischen die Thone zu stemmen: nach Schliessung des Kreises beginnen sie dann ein sehr merkwürdiges Spiel, indem jede Zuckung den Aequator etwas lockert und die Widerstände soweit ändert, dass sich die contrahirten Stellen wieder strecken; hieraus entwickelt sich oft eine länger anhaltende rhythmische Bewegung, indem die Muskeln wie Zungen gegen die Thonflächen lecken und nach der Berührung sogleich wieder zurückfahren. Nicht nur Umkehren eines der Muskeln, sondern auch Einschalten eines dritten, verkehrt angeordneten Sartorius mit einem vierten Hilfsthone in die Reihe hebt überall die Zuckung auf.

Sieht man von der letzten Modification der Erregung ohne Metalle, wo der Aequator zu zwei Querschnitten abgeleitet wird, ab, so stellt sich als die günstigste Anordnung immer diejenige heraus, bei welcher der Aequator der intrapolaren Strecke möglichst fern bleibt und die Längsschnittelectrode dem Querschnitte möglichst nahe liegt. Es ist also sehr begreiflich, dass der Muskel auf Benetzung seines Querschnittes mit einer genügend leitenden Flüssigkeit, die gewiss selten ermangelt, etwas auf den Längsschnitt überzugreifen, mit der zur Erregung nöthigen Nebenschliessung zu seinem eigenen Strome versehen wird. Indess könnte der Querschnitt allein, an welchem das Centrum bekanntlich den negativsten Punkt bildet, dazu vielleicht schon genügen; ich habe mich aber vergeblich bemüht, durch Ableitung von einem

centralen und einigen peripherischen Punkten regelrechter Querschnitte dicker Oberschenkelmuskeln Wirkungen auf Sartorien zu erzielen. Ferner gelang es niemals einen stromlos eingeschalteten Sartorius durch einen andern in günstigster Weise stromgebend angeordneten zu erregen, oder den letzteren selbst dabei zucken zu sehen; die Widerstände im Kreise müssen offenbar kleiner sein, als die der intrapolaren Muskelstrecken selbst, wenn plötzlicher Schluss eine zur Erregung genügende Stromesschwankung darin geben soll. Endlich fand ich die Existenz eines künstlichen Querschnittes ganz unumgänglich, da jede anscheinend noch so günstige Anordnung sowohl bei einem, wie bei zwei zugleich eingeschalteten Muskeln versagte, so lange die kurze, breite Sehne an der Symphyse, auf welche es bei diesen, von der unteren schmalen Sehne Umgang nehmenden Versuchen ankommt, nicht entfernt und der Muskel nicht durch wirkliche Querschnitte entblösst war. *Hering*'s leicht zu bestätigende Angabe, dass ein völlig unverletzter, an beiden natürlichen Enden schwebend gehaltener Curaresartorius durch einen andern mit künstlichem Querschnitte und der Oberfläche direkt oder, was freilich seltener gelingt, mit einem Theile auf die benachbarten Gewebe fallenden, in Zuckungen gerathe, ist darum um so wichtiger, obschon auch hier, wo die Zuleitung günstiger, wie bei allen einzuschaltenden künstlichen Leitern zu sein scheint, der Stromgeber wenigstens immer angeschnitten sein muss.

Wie *Hering* zeigt, beruhen nicht nur die Zuckungen eines plötzlich in leitende, chemisch möglichst indifferente Flüssigkeit getauchten oder tiefer einsinkenden Muskels, sondern auch die rhythmischen Bewegungen des ganz und dauernd untergetauchten, wenigstens theilweise auf electrischer Reizung durch den eigenen, jetzt bleibend geschlossenen Strom. Statt der gebräuchlichen $^1/_2$—$^3/_4$ pCt. NaCl enthaltenden Lösung empfehle ich dazu eine in neuerer Zeit von mir vielfach und mit besserem Erfolge er-

probte Auflösung von 5 gr. NaCl und 2,5 gr. gewöhnlichem, alkalisch reagirenden, krystallisirten Natriumphosphat in 1 Lit. $H_2O$, worin ein möglichst ohne Verletzung präparirter Sartorius alsbald zu zucken beginnt und nach dem Anlegen eines Querschnittes mit der Regelmässigkeit eines schlagenden Herzens, jedoch in schleunigerem, nur sehr allmählich abnehmenden Rhythmus während 45 Minuten damit fortfährt. In einer Schale mit ebenem Boden pflegt der Muskel, wenn er mit der Kante aufliegt, sich viele Male im Kreise umherzutreiben, indem er sich bei jeder Zuckung um seine innere Fläche krümmt. Ist das Spiel erloschen, so fängt es nach jedem neuen Querschnitte wieder an, um darauf nach 10, 7, 5 und weniger Minuten abermals zu schwinden. Es wird nicht leicht sein die wahre Ursache dieses merkwürdigen Phänomens ganz zu enthüllen; wenn aber, wie es wahrscheinlich ist, hier auch chemische Reizung im Spiele ist, so bleibt es denkbar, dass die Zuckung auf Benetzung des Muskelquerschnittes mit den scheinbar unschuldigsten Mitteln, gemischten, d. h. sowohl chemischen, wie electrischen Ursprunges sei.

---

Ist die auf Benetzung des Muskelquerschnittes erfolgende, zu secundärer Wirkung höchst geeignete Zuckung lediglich electrischen Ursprungs, so war zu erwarten, dass Reizung einer endständigen kurzen Sartoriusstrecke durch zugeführte künstliche electrische Ströme ein vortreffliches Mittel sei, um von den übrigen Antheilen des Muskels die besten secundären Zuckungen zu erhalten. Zu meinem Erstaunen fand ich das Gegentheil: ich war genöthigt Reize von solcher Mächtigkeit anzuwenden, dass ich sogleich nach Mitteln suchen musste, um mich vor Täuschungen durch Stromschleifen und unipolaren Wirkungen zu schützen. Beim Nerven pflegt gegen die ersteren Durchschneidung und Wiederankleben, oder Unterbindung mit einem feuchten Faden ange-

wendet zu werden, ich glaube aber, dass man auf diese Mittel nie verfallen wäre, wenn man sie zuerst an einem Muskel hätte ausführen müssen, oder wenn Jemand, der frische Nervenquerschnitte oder Unterbindungsstellen am Nerven mikroskopisch untersuchte, in die Lage gekommen wäre, die Nervenleitung unterbrechen zu sollen, ohne die Widerstände für electrische Vorgänge ändern zu dürfen. An der lebenden Muskelfaser erzeugt Durchschneidung Anschwellung der Enden unter Austritt pilzförmiger Muskelmassen, Unterbindung Zurückweichen der contractilen Substanz mit Entleerung der Sarkolemschläuche, die unter dem Faden auf ein Minimum zusammengehen und sich nach dessen Entfernung nicht wieder füllen; und ehe dies nicht durch Anziehen der Schnüre mit ganzer Kraft erreicht ist, geht die mittelst eines Scheerenschnittes z. B. erzeugte Erregung noch überraschend gut durch solche Stellen hindurch. Dass der Muskel nach diesen Behandlungen mit einer Brücke versehen ist, deren Widerstände bei electrischen Vorgängen und deren electrischer Widerstand rein physikalisch, nämlich abgesehen von dem unvollkommen bekannten electromotorischen Eigenverhalten der Muskelsubstanz genommen nicht mehr dieselben sind, wie in dem vorherigen, damit zu controlirenden Zustande, liegt auf der Hand. Ich habe mich daher nach andern Mitteln umsehen müssen und glaube ein leidlich genügendes im Abtödten durch rasches Gefrieren gefunden zu haben, nachdem ich von dem Erwärmen zurückgekommen war, weil es schwer hielt, dabei Vertrockenen oder unerwünscht ausgedehnte Wirkungen zu vermeiden. Ein Muskel kann zwar zu steinhartem Eise erstarren und wieder leistungsfähig werden, wie es am einfachsten die zu klappernden Atrappen erfrorenen Frösche beweisen, welche wieder zum Leben, obschon nicht zu längerer und munterer Existenz aufthauen, ist er aber tief abgekühlt und schnell wieder gethaut, so ist, was *Horvath* zuerst erkannt und unterschieden haben dürfte, seine Erregbar-

keit unwiederbringlich dahin. Indem man eine auf —13° C. abgekühlte gesättigte NaCl Lösung, die aus der Tiefe jeder guten Eis-Salzmischung abläuft, durch eine recht feine silberne Röhre leitet, welcher der Sartorius angeschmiegt worden, gelingt es den Muskel mit einer bis zur andern Fläche durchgreifenden, harten Inscription zu versehen, die sogleich wieder erweicht, wenn die Salzlösung aus der Röhre durch warme Luft zurückgeblasen wird. Der Muskel ist dann von der Röhre leicht herunterzunehmen und besitzt jetzt eine selbst für den mikroskopischen Anblick nicht wesentlich unterschiedene Stelle, welche keine Erregung mehr fortpflanzt.

Um zunächst ähnliche Verhältnisse, wie bei den Querschnittsbenetzungen zu haben, wurden einige Versuche mit dem hängenden Sartorius angestellt, dessen unteres Ende mit zwei schmalen Streifchen in Salzwasser getränkten Seidenpapiers als Electroden versehen worden. Der eine Streif bedeckte den freien Querschnitt, von dem er an der Kante mit einem kurzen, rechtwinklig abgebogenen Stücke in ein Salzwassernäpfchen reichte, während der andere der inneren Muskelfläche möglichst nahe darüber anliegende so geknickt und gedreht wurde, dass er z. Th. in das Salzwasser eines zweiten Näpfchens tauchte. Es ist nicht gerade bequem die Einrichtung herzustellen und man kommt damit noch am Besten zum Ziele, indem man die den Strom zuleitenden, aus Parafin gekneteten Näpfchen sehr nahe aneinander bringt. Führt man dem Muskel auf diese Weise einzelne Inductions-Schliessungs- oder Oeffnungsschläge zu, während seinem oberen Abschnitte der Nerv eines secundären Schenkels in günstigster Anordnung mit 2 bis 3 Schleifen angelegt ist, so sieht man den letzteren erst zucken, wenn der Sartorius sehr kräftig erregt worden, niemals so lange die primäre Reaction schwach oder mässig ist. Viele Male sah ich den Sartorius gut emporschnellen und die Leitung zerstören, bei vollkommener Ruhe des Schenkels, also ohne secundäre Wir-

kung, wo Zuckungen anscheinend derselben oder selbst größerer Energie, wenn sie durch Querschnittsbenetzungen erzeugt gewesen wären, dieselbe sicherlich gehabt hätten.

Die gewöhnlichere Anordnung hier geeigneter electrischer Reizversuche braucht kaum beschrieben zu werden: ich steckte, wenn der Muskel hängen sollte, als Electroden feine, nach Bedürfniss gebogene Insectennadeln, die mit den Köpfen in Quecksilber tauchten, in der Ebene seiner Kanten quer durch den Muskel, oder ich befestigte denselben mit Igelstacheln an die Ränder einer Furche, die in eine Korkplatte eingeschnitten worden, in welcher sich Electroden aus dünnem, amalgamirten Zinkdrath befanden. In letzterem Falle ist besonders darauf zu achten, dass der grösstentheils auf einem untergeschobenen Streifen von Deckglas ruhende Muskel nicht mehr gespannt werde, als zur sicheren Ausführung einer Versuchsreihe nöthig ist und dass er zwischen den Electroden vollkommen fixirt bleibe, was am besten erreicht wird, wenn einer der Zinkdräthe über die Fascienfläche, der andere über die Innenfläche läuft. Das mit allen diesen Einrichtungen gewonnene Resultat war nicht verschieden von dem früheren: es bedurfte so kräftiger Inductionsschläge, um die ersten schwachen, secundären Zuckungen zu erhalten, dass die Erregung des secundären Nerven meist nachweislich gemischter Natur, d. h. zum Theil durch Stromschleifen bedingt war, wenn derselbe nicht mehrere Millimeter und weiter entfernt von der nächsten Electrode angelegt wurde. In Entfernungen von etwa 10 mm. war allerdings, wie die Controle durch Gefrieren zeigte, die secundäre Wirkung rein zu beobachten, aber diese versagte oft nach einigen Versuchen bald, wenn der Reiz nicht erheblich verstärkt wurde. Nach vielem Probiren ist es mir endlich auch gelungen, bei derjenigen Intensität der Inductionsschläge, welche zu secundären Einzelzuckungen ausreichte, durch rasche Folge der Reize secundären Tetanus zu erhalten. Die sich hier aus der Unsicher-

heit der Contakte ergebende Schwierigkeit ist bekannt, ich war aber noch wegen einer anderen Störung lange der Meinung, dass der secundäre Tetanus trotz der bei Einzelreizungen schon nöthigen erheblichen Reizgrösse bedeutend erhöhter primärer Reizung bedürfe. Jener Tetanus ist nämlich ohne solche Verstärkung ungemein flüchtig, wird schleunigst stossend oder wühlend und erlischt gleich darauf ganz; seine Vergänglichkeit ist um so grösser, je mehr der Muskel gespannt wird und wenn man den Muskel an aller Gestaltsveränderung durch Dehnung verhindert hat, so ist es überhaupt nur möglich secundären Tetanus zu erzielen durch Reizungen, die an der Grenze der zulässigen, durch Stromschleifen in Täuschungen führenden stehen. Ob das *Kronecker*'sche Toninductorium, das die Unzuverlässigkeit schnell arbeitender Contakte in glücklichster Weise umgeht, hier brauchbar sei, weiss ich nicht, da ich den Apparat noch nicht besitze. Ich habe mich nach *Bernstein's* Vorgange solcher Einrichtungen bedient, welche der Entstehung des Funkens im primären Kreise möglichst vorbeugen und dazu die *Helmholtz*'sche Modification des Schlittenapparates genügend gefunden, als ich den Contakt durch ein mit der Hand zu drehendes *Breguet*'sches Telegraphenrelais ersetzte, in welchem eine Platinafeder bei hier genügend raschem Gange, mit grosser Sicherheit jedesmal gegen die Platinspitzen gepresst wird.

Um der Peinlichkeit, zum Schutze vor Stromschleifen die Controle durch Gefrieren stets bereit haben zu müssen, zu entgehen, bediente ich mich weiterhin einer schon vor langer Zeit von mir erprobten [1]) electrischen Erregungsweise, welche die beste Localisirung des Reizes gestattet. Vor einigen Jahren hat *Tiegel* wieder auf dieselbe aufmerksam gemacht und sie in verbesserter Weise erfolgreich theils allein, theils mit *Gergens* [2]) zu locali-

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. S. 483.

[2]) *Pflüger*'s Arch. XII. S. 141 u. XIII. S. 61.

sirter Reizung verwendet. Es handelt sich dabei wesentlich um die Verwendung unipolarer Wirkungen und um Aehnliches, wie Das, was in der Electrotherapie noch unter die Bezeichnung der polaren Methode fällt. Ich verbinde, während der primäre Kreis eines gewöhnlichen, den Eisenkern enthaltenden Schlitten-inductoriums mit zwei *Daniell*'schen Elementen versehen ist, das eine Ende der secundären Rolle mit der Gasleitung und benutze das andere in doppelter Weise zur Reizung. Entweder wird das Präparat zur Erde abgeleitet und mit der freien, in Glas gefassten Electrode berührt, oder es wird auf eine isolirte Metallplatte gelegt, die mit der Electrode fest verbunden bleibt, und mit einer stumpfen Nadel da berührt, wo es gereizt werden soll. Man kann die Nadel an einem metallenen Griffe einfach mit der Hand fassen und ableiten, ich fand es aber sicherer sie an einer langen, leitend zum Erdboden verbundenen, feinen Hosenträgerfeder zu befestigen. Auf diese Weise ist man im Stande nicht nur an curaresirten und normalen Muskeln durch Berührung eines Punktes eine einzige Muskelfaser oder sehr schmale Fasergruppen kräftig, ohne die Nachbarschaft zu erregen, sondern auch, wie *Tiegel* zeigte, von einem Nervenstamme aus heftige Zuckungen und Tetanus einzelner Muskeln, oder bestimmter Faserbündel dieser zu erzeugen, bei vollkommener Ruhe der nächsten Umgebung. Um zu sehen, Was die Methode leistet, empfehle ich die Stämme, welche den Plex. sacr. zusammensetzen, mit der Nadel abzutasten, worauf z. B. partielle Zuckungen im Sartorius auftreten, die entweder mehr den inneren oder den äusseren Theil des Muskelbandes einnehmen, je nachdem der eine oder der andere Antheil des grossen Nervenstammes gereizt worden. Am blossgelegten Rückenmarke gelingt es durch Betasten der hinteren Stränge bald diese, bald jene ausgedehnte oder beschränktere Reflexbewegung mit der grössten Regelmässigkeit zu erzeugen, oder nach der geringsten Verschiebung

der Nadel alle Effecte schwinden, nach Rückkehr der Nadel auf den alten Punkt wieder erscheinen zu sehen. Zur electrischen Erregung des Querschnittes oder des einzelner Theile beraubten Rückenmarkes ist die Methode, wie ich bemerkte, ebenfalls verwendbar und gewiss vor vielen andern zu empfehlen. Da man sich der sogenannten polaren Methode namentlich auf diesem Gebiete nach dem Vorgange von *Fritsch* und *Hitzig* schon mit bestem Erfolge bedient, brauche ich nur im Allgemeinen der Cautelen, die sie erfordert und einzelner Nachtheile zu gedenken. Hinsichtlich der ersteren ist auf ihr Princip zu verweisen, wonach die Ströme bei gerade genügendem Rollenabstande wirklich nur unmittelbar unter der Electrode, also in kleinster Fläche die zur Erregung erforderliche Dichte erreichen, während dieser Ort sich mit zunehmender Intensität nach allen Dimensionen vergrössert, woraus die Regel erwächst die Berührung an Nerven und Muskeln vorzunehmen, die mit möglichst breiter Fläche guten Leitern, z. B. andern Theilen des Präparates oder Kochsalzbäuschen und Thonen aufliegen. Die Nachtheile liegen in der allzugrossen Localisirung des Reizes, die es verhindert, wenn man nicht übermächtige Reize und bedenkliche Funken haben will, genügend in die Tiefe zu dringen. Am Sartorius z. B. ist es kaum möglich andere als die zu Tage liegenden Muskelfasern zu erreichen, denn nicht einmal die in dem Muskel eingeschlossenen Nerven kann man treffen, mit Ausnahme der wenigen, am Hilus oberflächlich verlaufenden; dies ist der Grund, wesshalb der Muskel bei dem Verfahren die bekannten von dem Nervenreichthume und der Nervenlosigkeit seiner einzelnen Strecken bedingten Unterschiede der Erregbarkeit nicht zeigt. Indem man nun einen Sartorius, gleichviel ob curaresirt oder nicht, mässig ausspannt und z. Th. mit dem secundären Nerven belegt, hat man es in der Hand ihn mit einer contrahirten Furche zu durchziehen, die entweder neben oder unten jenen fällt. Nur im letzteren Falle entsteht secundäre

Zuckung und ich habe es dahin bringen können, diese ausfallen zu sehen, wenn ich die Electrode um ein Minimum zur Seite schob oder fast unmittelbar neben den Nerven auf das Fleisch setzte. Da die *Helmholtz*'sche Vorrichtung und die Entfernung des Eisenkernes im primären Kreise bei diesem Verfahren nicht zu verwenden sind, muss die sehr bedeutende Annäherung, deren die inducirte Rolle bedurfte, bis man von secundär wirksamen Einzelzuckungen zu secundärem Tetanus gelangte, dem von Funken begleiteten Contakte am Unterbrecher und dessen Unzuverlässigkeit bei raschem Vibriren zugeschrieben werden. Der secundäre Tetanus trat indess in voller Stärke nach solchen Reizen auf, deren sehr localisirte Wirkung ohne Weiteres ersichtlich war. Hiernach erzeugt also electrische Reizung primäre Zuckungen und Tetanus, welche ihrerseits dieselben Phänomene secundär hervorrufen, unter Umständen, wo nur Muskelfaserbündel, deren Dicke die des angelegten Nerven sicher nicht erreicht, primär erregt sind.

Auch bei der unipolaren Methode sind die auf schwächeren, obschon primär weitaus genügenden Reiz erfolgenden Zuckungen secundär unwirksam und erst nach bedeutender Verstärkung fähig, angelegte Nerven zu erregen. Allem Anscheine nach ist wenigstens für die Entstehung des secundären Tetanus die Entfernung des primären Reizortes von der Gegend, wo der Schenkelnerv anliegt, nicht gleichgültig, um so ungünstiger, je grösser sie ist.

Ich bin einstweilen genöthigt die auffallende Intensität, deren der electrische Reiz, so lange derselbe in Inductionsschlägen besteht, bedarf, um primäre Zuckungen mit secundärem Erfolge zu erzeugen, unaufgeklärt zu lassen.

Bekanntlich hat *Matteucci* zuerst gezeigt, dass der von seinem Nerven her gereizte Muskel andere Nerven erregt, die nicht direct, sondern auf einer Unterlage benetzten Fliesspapiers angelegt worden und bemerkt, dass die Wirkung auch durch eine

Blattgoldbelegung übertragen wird, wenn darin Risse sind. Da *Matteucci* den Sinn dieser einfachen Thatsachen nicht erfasste, blieb es *du Bois-Reymond* vorbehalten die Möglichkeit der Ableitung der secundären Wirkung durch Electricitätsleiter darzuthun und damit die electrische Natur des Vorganges zu beweisen. Was an dem Gastrocnemius so leicht gelingt, nämlich die seine Erregung begleitende electrische Veränderung in irgend einer Weise von zwei Stellen der Oberfläche oder vom Sehnen- und Knochenansatz dem secundären Präparate mit höchster Wirksamkeit zuzuleiten, das versagt, wie es scheinen will, am direct gereizten Muskel gänzlich. *Matteucci*'s Versuch mit dem nassen Papierstreifen trifft zwar oft zu an Sartorien, die mit in Salzwasser getränktem Seidenpapier überzogen worden, sowohl beim Anlegen von Scheerenschnitten, wie bei Benetzung der Querschnitte mit verdünnter Säure, wenn der secundäre Nerv dem Papier in einiger Ausdehnung angeschmiegt worden, es hat mir aber jede Ableitungsweise getrennter Punkte oder Stellen des Muskels, mit Ausnahme einer einzigen, bei welcher Täuschungen nicht ausgeschlossen sind, versagt.

Um hierüber experimentiren zu können, muss man wissen, dass einige directe Anlagen des Nerven, welche nach den geläufigen Vorstellungen über die Abhängigkeit der secundären Erregung vom Muskelstrome kaum als wirksam angesehen werden dürften, die secundäre Zuckung keineswegs ausschliessen. So wenig dies die Querlage, wie schon erwähnt, im Allgemeinen oder am Aequator thut, ebenso wenig gilt es für die Querschnittsfläche des Muskels. Um den Nerven bequem auf den Sartoriusquerschnitt zu legen, fasse ich den Muskel mit spitzen, an Kugelgelenken befestigten Klemmpincetten von Elfenbein, an zwei gegenüberliegenden Punkten seiner Kanten, ziemlich nahe dem unteren, breiten Ende, so dass er mit der Spitze abwärts hängt. Was über die Fixirpunkte hinausragt ist steif genug um den dort frisch ange-

legten Querschnitt emporragen zu lassen und ziemlich horizontal zu erhalten. Der Nerv ist mit dem Plexus sacralis, oder mit einer seinem frischen Querschnitte nahen Strecke, unter sorgfältigster Vermeidung der Ränder oder Stellen des Längsschnittes anzulegen. So lange ich im Herbste und im Winter in dieser Weise experimentirte, habe ich geglaubt den Querschnitt nur ausnahmsweise für wirksam halten zu dürfen, wenn das spitze Ende durch rasche, rechtwinklig zur Längsrichtung des Muskels gehende Scheerenschnitte, durch Benetzung oder electrisch gereizt wurde, während mir schräges Schneiden und rasche Berührung der so gewonnenen Schnittflächen mit verdünnten Säuren häufiger positive Resultate gaben; die ersten im März und einige Wochen später frisch eingefangenen Frösche belehrten mich aber von der fast constanten Wirksamkeit vollendeter und regelrecht verlaufender Muskelquerschnitte und dass die Schrägreizung des unteren Endes, wie man es nennen könnte, daran kaum bessere Erfolge erzielt. Ich habe auch dieselben Querschnitte, ohne Anfrischung, zu mehreren sich rasch folgenden secundären Reizungen und sogar zur Erzeugung eines freilich sehr vergänglichen und schwachen Tetanus während entsprechender electrischer Reizung des spitzen Sartoriusendes tauglich gefunden.

Eine andere Anlegungsweise, der ich selber kaum Erfolg zugetraut hatte und von welcher ich denselben wohl auch nicht gefunden hätte, wenn sie nicht für den jetzigen Zweck zu prüfen gewesen wäre, ist die allerdings nur auf hocherregbare Schenkelnerven wirksame Anlage mit der kleinsten Oberfläche, womit ein unverletzter Nerv den Muskel überhaupt berühren kann. Zu meinem Erstaunen sah ich ziemlich kräftige secundäre Zuckung an Präparaten auftreten, deren Nerv mit dem Gipfel einer einfachen oder gedrillten Schlinge sanft gegen die Innenfläche des Sartorius angelegt worden, und zwar bei jeder Art primärer Reizung. Ich habe versucht die nicht bequeme Anlage, wobei der

Nerv durch Glasfäden zu unterstützen ist, zu umgehen, indem ich denselben in der Querlage nur eine Kante des Muskels berühren, oder die Innenfläche ganz kreuzen liess, während ich in dieser auf die S. 8 erwähnte Weise nur eine Contraktionsfurche erzeugte; ich habe aber keinen Erfolg davon gesehen. Unwirksam blieb der Muskel auch auf Nerven, die mit ihrem Querschnitte an die Innenfläche oder auf den Muskelquerschnitt geklebt worden.

Aus diesen Beobachtungen folgt, dass sehr erregbare Nerven dem Muskel nicht direct angelegt werden dürfen, wenn damit über besondere erregende Wirksamkeit der Combination verschiedener Punkte einer Muskelfaser entschieden werden soll. Zur indirecten Ableitung, die hier also nöthig wird, waren die bekannten Mittel, Thon, Papierbäusche oder Baumwollfäden mit Salzwasser getränkt, zu verwenden, aber ich habe bei keiner Anlegungsweise, weder bei grosser noch bei kleiner Spannweite, weder mit, noch ohne Benutzung des einen Muskelquerschnittes Erfolge an den Nerven gesehen, die das andere Ende der Leiter in der verschiedensten Weise überbrückten; sehr erregbare Nerven, welche ich mit ihrem Querschnitte die Muskelfläche, mit einer Stelle des Verlaufes die schmale Sehne des Sartorius, woran derselbe hing, berühren liess, blieben ebenfalls unerregt, wenn der Muskel zuckte.

Da die Wirksamkeit der Querlage des Nerven zu der Vermuthung leitete, dass die elektrischen Vorgänge, worauf der secundäre Erfolg beruht, in jeder Muskelfaser auf äusserst kurze Strecken, also nur auf einen kleinen Theil der nach *Bernstein* bis 12 mm. langen Erregungswelle jeweils zusammengedrängt seien, so versuchte ich die Fusspunkte der Ableitungen so nahe wie möglich auf der Länge des Muskels zusammenzubringen. Hierzu waren feine amalgamirte Zinkdrähte, deren Polarisation nicht allzusehr zu fürchten war, das geeignetste Mittel, und ich habe wirklich in einigen Fällen damit Erfolge erzielt, als ich ein

Paar dieser, dem Muskel quer angelegten, unter sich parallelen Leiter, die sich fast berührten, in einiger Entfernung davon etwa um 5 mm. auseinander bog und den Nerven hier auflegte. Unter den vielen und sehr variirten Versuchen dieser Art habe ich aber so viele Misserfolge zu verzeichnen, dass ich den erfolgreichen kein entscheidendes Gewicht beilegen darf. Vermehrung der Ableitungen von 2 auf 3, wozu die Ueberlegung, dass die Schwankungswelle als eine jederseits von einer positiven Zone begrenzte, fortschreitende negative Strecke zu betrachten sei, aufforderte, hatte keine günstigeren Erfolge.

---

Nach dem Ausfalle der eben genannten Versuche blieb zum Beweise des Zusammenhanges der secundären Wirkung mit der elektrischen Schwankung der Erregungswelle des Muskels nichts übrig, als zu zeigen, dass die mit dem secundären Nerven belegte Stelle nicht in demselben Augenblicke zu wirken beginnt, in welchem der primäre Reiz den Muskel an einer andern entfernten Stelle trifft, sondern um so viel später, als die Schwankungswelle Zeit braucht, um vom Ursprungsorte an den abgeleiteten zu gelangen. Zu dem Ende waren die von einem direkt und local gereizten Sartorius erhaltenen secundären Zuckungen graphisch aufzunehmen. Ich habe zunächst die unter den hier in Betracht kommenden Bedingungen zu erhaltenden Zeichnungen einer Prüfung unterzogen, indem ich die Gastrocnemien mit dem gewöhnlichen myographischen Hebelwerke auf die Trommel des *Ludwig*'schen, von *Baltzar* und *Schmidt* gelieferten Kymographions, auf welcher bei dem stets benutzten schnellsten Gange 10 mm. $^{13}/_{100}$ Sec. entsprachen, schreiben liess.

Es zeigte sich sogleich, dass die secundären Zuckungscurven nach Höhe, Länge und Gestalt abhängig sind von der Anlegungsweise des Nerven, und von der Art und Weise, wie die Sartoriusreizung ausgeführt wird. Höhe und Länge hängen im Allgemeinen

ab von der Länge der den Muskel berührenden Nervenstrecke und von der Energie der primären Reizung oder der primären Zuckung, während die Form der Curven bedingt wird durch die zeitliche Entwicklung und Ausbreitung des Reizes an der unmittelbar in Anspruch genommenen Muskelstrecke. Wird das Sartoriusende von einem mit grosser Geschwindigkeit winkelrecht mit der Scheere geführten Querschnitte getroffen, so gleichen die Curven ebenso den von einer Stelle des Nerven aus durch einen mässigen Inductionsschlag erzeugten, wie wenn der so entstandene Muskelquerschnitt rasch mit HCl von 2—5 p. m. oder mit verdünnter NaCl-Lösung benetzt wird, gleichviel ob der Nerv lang oder kurz, gradlinig parallel, in Schlingen, einfach quer oder in Gestalt eines Ringes mit dem Muskel in Berührung gebracht worden; dagegen haben die Curven Zeichen der Superposition oder tetanischen Charakter, wenn der Scheerenschnitt langsam würgend, ungleichmäßig ausfällt oder wenn schiefe Schnitte nicht mit grösster Geschwindigkeit von erregenden Flüssigkeiten benetzt werden.

Fig. 1 stellt von *b—c* und von *f—h* die von den beiden Sartorien eines sehr grossen, stark mit Curare vergifteten Frosches mittelst desselben Gastrocnemius eines andern mittelgrossen Frosches, in rascher Folge geschriebenen, secundären Zuckungen dar, bei denen es jedesmal gelang, sowohl die mechanische Reizung durch Schneiden mit der erforderlichen, übrigens leicht zu erlernenden, Regelmässigkeit und Geschwindigkeit und die Benetzung des Querschnittes in der richtigen Weise plötzlich auszuführen. Die Belastung des Gastrocnemius betrug, wie bei allen späteren Versuchen, 10 grm. Die Curven *a—c* sind erhalten, während der Nerv dem (im Hängen) obern Dritttheil des Muskels parallel anlag, *d—h* bei einer Anlage mit so vielen und so langen Schlingen, als es die Länge des Nerven und die des jeweils verfügbar gebliebenen Sartoriusstückes gestattete. Nur bei *a* lieferte ein

Inductionsschlag von Electroden, die dem Muskel unter dem Nerven angelegt worden, den Reiz: die Zuckung ist also keine secundäre und bildet nur zur Vergleichung den Anfang. Bei *b*, *d*, *f*, *h* bestand der primäre Reiz in dem Scheerenschnitte; bei *c*, *e*, *g* in Benetzung des Muskelquerschnittes mit HCl von 0,5 pCt. Die mächtigere Wirkung von dem mit grösserer Länge in Schlingen angelegten Nerven zeigt sich besonders von *f* an, wo der zweite Sartorius sogleich mit seiner vollen Länge zur Verwendung kam. Eine superponirte Curve, nur durch zu langsames Schneiden am Sartorius erhalten, während der Nerv einfach quer, als Ring um ihn geschlungen war, zeigt Fig. 1 *i*; für weitere, der letzteren ähnliche Curven sind Fig. 2 *a*, Fig. 6 *a* und *d* zu vergleichen.

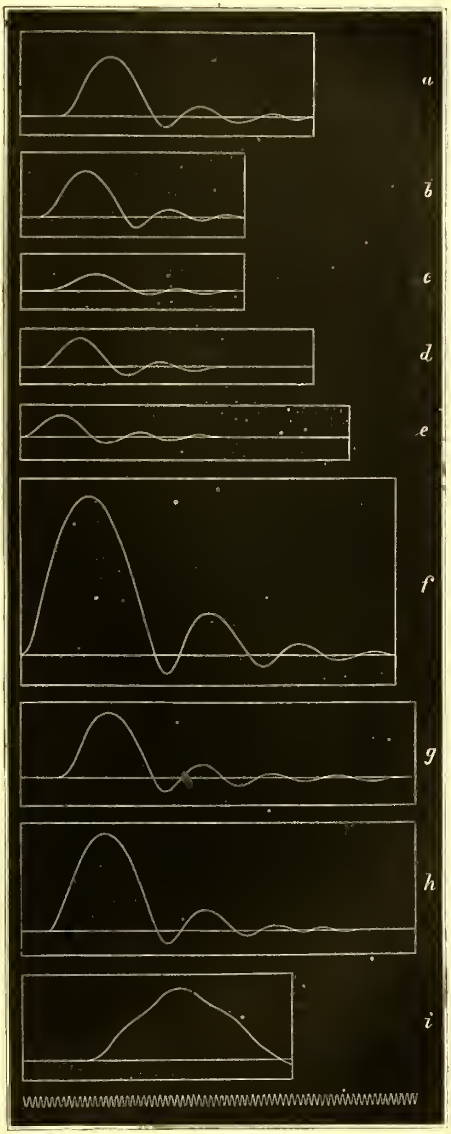


Fig. 1.

Um die Zeit der secundären Erregung nach derjenigen der primären eines entfernten Muskelortes zu bestimmen, schien es

nichts Einfacheres zu geben, als mittelst der bekannten Methode von *Helmholtz* den Augenblick eines den Nerven, da, wo er am Muskel lag, direkt treffenden Inductionsschlages zu markiren und die Zeit bis zum Beginne der secundären Zuckung zu messen, wenn der electrische Reiz das Muskelende traf. Dieses Verfahren, das zugleich Aufschluss darüber versprach, welcher Abschnitt der myoelectrischen Schwankungswelle als der erregende anzusehen sei, erwies sich leider als unausführbar, da die Localisation der electrischen Reizung hier, wo einigermaassen kräftige secundäre Zuckungen beabsichtigt wurden, so unzuverlässig ist, dass ich durch einige am *Helmholtz*'schen sowohl, wie am Federmyographion begonnene Versuche nur auf's Neue überzeugt wurde von der bereits erörterten Schwierigkeit, die secundäre Wirkung direkt elektrisch erregter Muskeln überhaupt nachzuweisen. Ich hatte daher den andern Weg zu betreten, dass ich den Augenblick der Muskelreizung unberücksichtigt liess und das Intervall zwischen den Erregungen zweier dem Sartorius in einiger Entfernung von einander angelegter Nerven bestimmte, während an einem Muskelende gereizt wurde. Zu diesem Zwecke liess ich ein Doppelmyographion mit 2 Schreibhebeln anfertigen, mittelst welcher 2 Gastrocnemien desselben Frosches ihre Zuckungen nahe über- und nebeneinander auf derselben Schreibfläche verzeichneten. Der Sartorius war so zwischen und hinter den Gastrocnemien aufgehängt, dass man dem Nerven des einen Gastrocnemius noch vor dem Anfange der Zuspitzung des Muskelbandes, den des anderen dem Querschnitte des breiten herabhängenden Endes benachbart anschmiegen konnte. Anlegungsweise und Entfernung der Nerven hatten sich natürlich nach der Grösse der Sartorien zu richten; selbst wenn ich die Nerven mit dem Plexus sacralis in Ringform quer um den Muskel schlang, durfte ihr gegenseitiger Abstand bei den grössten Muskeln höchstens 16 mm. betragen, um ein für mehrere Reizungen genügendes Sartoriusstück frei zu lassen. Die Abstände der an-

gelegten Nervenstrecken von den Gastrocnemien wurden möglichst gleich gemacht, indess kam es darauf bei der mässigen, für die ganze Einrichtung nur anwendbaren Geschwindigkeit der Schreibfläche um so weniger an, als die Einflusslosigkeit etwaiger Differenzen dieser Art durch einige vorgängige, direkte electrische Reizungen der am Sartorius bereits anliegenden Nervenstrecken immer leicht zu erweisen war. Ausserdem ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungswelle im ganz frischen Muskel gross genug um in manchen Fällen, wo kaum 10 mm. lange Muskelstrecken zur Verfügung standen und Differenzen von $^1/_{300}$ Secunde oder weniger zu erwarten waren, nur unmessbare Verspätungen der einen secundären Zuckung zuzulassen. Zur Verstärkung der secundären Effecte ist im allgemeinen die Vergiftung mit Curare anzurathen, nöthig war dieselbe aber nicht, da es sich bei fast allen Versuchen um primäre Erregungen im Gebiete des nervenlosen Sartoriusabschnittes handelte und da es aus den Erfahrungen *Aeby*'s und *Hermann*'s bekannt ist, dass man den Gang der Muskelwelle auch an nicht entnervten Muskeln messen kann. Da die quere oder ringförmige Anlage der Nerven im Winter sowohl, wie in der heissen Jahreszeit öfter dem secundären Erfolge ungünstig ist, empfiehlt sich für weniger erregbare Präparate die Anlage mit kurzen, an beiden Nerven möglichst gleich zu formenden Windungen auf der inneren Sartoriusfläche.

Die ausgeführten Versuche sind im Wesentlichen durch die folgenden Holzschnitte wiedergegeben. Fig. 2 bezieht sich auf secundäre Zuckungen von einem sehr grossen, stark curaresirten Sartorius, mit ringförmig angelegten, 16 mm. von einander entfernten Nerven. Die beiden Senkrechten geben die Entfernung der Zeichenstifte der beiden Gastrocnemien an. Die oberen Curven entsprechen den dem Muskelquerschnitte näheren Nerven, dessen Gastrocnemius am weitesten nach links schrieb; das bei *a* abgebildete Curvenpaar wurde erhalten durch einen Scheeren-

schnitt, das von *b* durch Benetzung des Muskelquerschnittes mit HCl von 2 p. m. Wie man sieht ist die untere Curve in *a*, obwohl dem entfernteren Nerven angehörig, die höhere und für eine einfache Zukkung zu lang, was von der noch zu langsam ausgefallenen Schnittführung bedingt sein dürfte, deren Erfolgen der andere schwächer reagirende Nerv nicht in allen Einzelheiten in gleichem Maasse nachzukommen vermochte; geringe Verspätung der mächtigeren Zuckung ist gleichwohl bemerkbar. Die Curven von *b*, mit dem hinsichtlich der Plötzlichkeit sichereren Säurereize erhalten, zeigen die von dem vom Reizorte entfernteren Nerven herrührenden Zuckungen zwar erheblich schwächer, aber doch um so viel (mehr als 2/100 Secunden) später beginnend, dass die Differenz hauptsächlich der Leitungszeit der Schwankungswelle im Muskel zugeschrieben werden kann.

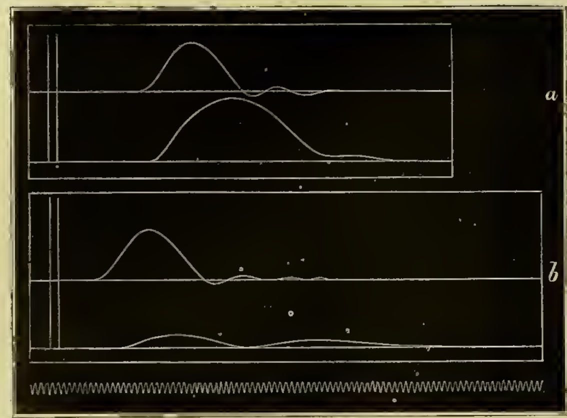



Fig. 2.

Die folgenden Figuren mögen weiter die Verspätung der zweiten secundären Zuckung unter verschiedenen Umständen und auch da erläutern, wo die Reaction des am spätesten betroffenen Nerven die kräftigere war.

Fig. 3. Unvergifteter, mittelgrosser Sartorius; Nerven in kurzen Querschlingen 12 mm. von einander entfernt aufgelegt. Die oberen Curven entsprechen dem Nerven, der dem Muskelquerschnitte am nächsten liegt. *a*, bei electrischer Reizung der auf dem Muskel bereits befestigten Nerven erhaltene, nicht secun-

däre Zuckungen; *b* secundäre Zuckungen, erhalten durch einen raschen, wohlgelungenen Querschnitt des Sartorius. Verspätung der zweiten Zuckung = $^2/_{100}$ Secunden.

Fig. 4. Grosser, mit Curare vergifteter Sartorius. Entfernung der beiden Nerven = 15 mm. Alles Uebrige wie in Fig. 3. Der eine Gastrocnemius neigt etwas zur Contraktur. Verspätung der zweiten Zuckung wenigstens = $^5/_{100}$ Secunden.

Fig. 5. Bedingungen, wie bei Fig. 3 und 4. Mit Curare vergifteter Sartorius. Entfernung der Nerven = 10 mm. *b* und *c* secundäre Zuckungen durch Schnittreiz erhalten. Die Zuckungen des zuerst betroffenen; oben schreibenden Gastrocnemius zeigen auf zu langsame Schnittführung deutende Formen.

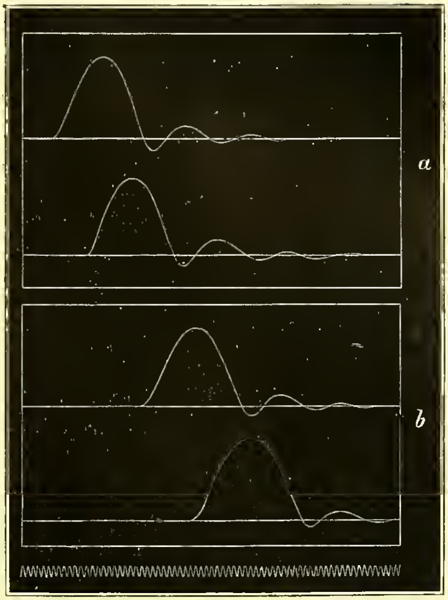



Fig. 3.

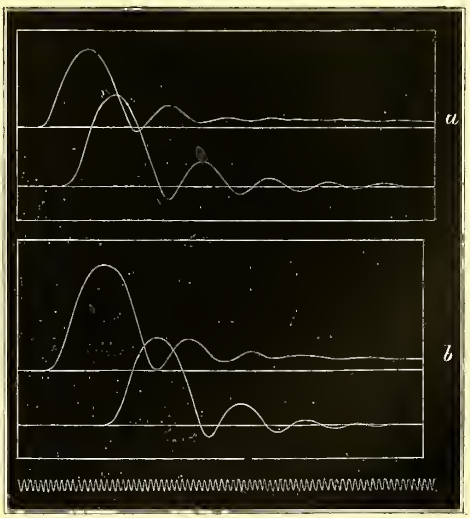



Fig. 4.

Grösste Verspätung der zweiten secundären Zuckung wenigstens = $^4/_{100}$ Secunden.

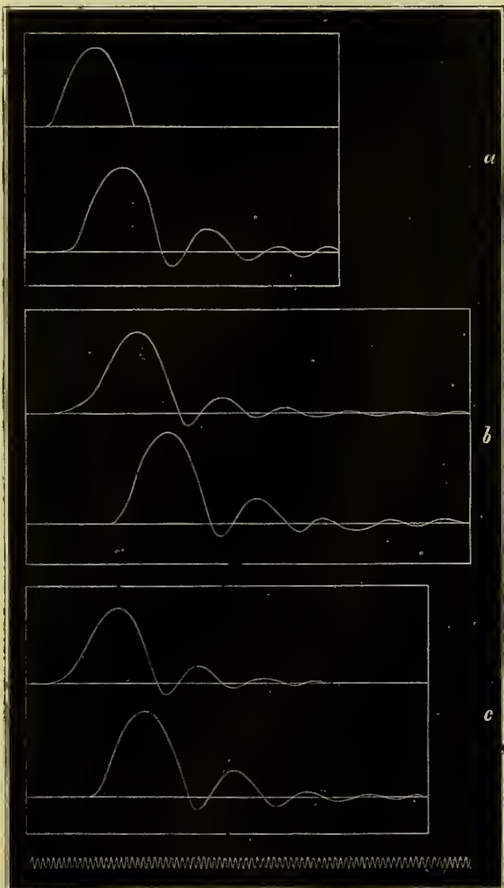



Fig. 5.

Fig. 6. Die Entfernung der Schreibstifte ist vor den Curven durch senkrechte Autographe angegeben. Die oberen Curven gehören ausnahmsweise dem vom Sartoriusquerschnitte am entferntesten gelegenen Nerven an. Grosse, unvergiftete Sartorien; Nervenanlage in Querringen, deren Entfernung = 12 mm. Der Schreibstift des oberen Muskels beginnt am weitesten nach rechts. *a* Schnittreiz, *b* Benetzung mit HCl von 2 p. m. Von *c* bis *e* dienten dieselben secundären Präparate, während ihnen der andere Sartorius des Frosches in gleicher Weise, wie vorher angelegt wurde. *c* auf Schnittreiz, *d* und *e* auf Benetzung mit HCl erhalten. Auf diese letzteren mag wegen der abnormen Länge und wegen der bedeutenden Höhendifferenzen der Curven weniger Gewicht zu legen sein, ebenso wenig vielleicht auf die untere Curve von *a*;

dagegen stellen die Curven von *b* einen ungewöhnlich gut ausgefallenen Versuch dar, insofern die verspätete secundäre Zuckung die kräftigere ist und beide Zuckungen durch Erregung eines durch Säure erregten, offenbar winkelrechten Sartoriusquerschnittes hervorgerufen wurden. Die Verspätung beträgt hier zwischen $^{2}/_{100}$ und $^{3}/_{100}$ Secunden.

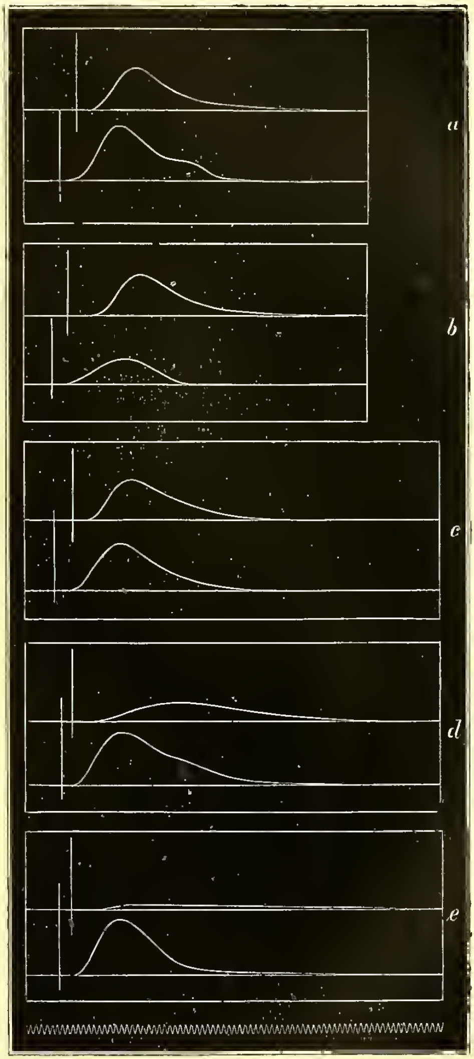




Fig. 6.

Fig. 7. Curaresirter Sartorius. Die Nerven mit einer je 5 mm. betragenden Strecke möglichst der Mittellinie des Sartorius, parallel zu dieser und so angelegt, dass sie ohne Querlage, schwach gespannt sogleich in Winkel abbiegen. Entfernung der Abbiegestellen von einander = 10 mm.; *a* durch electrische Reizung beider Nerven am Muskel erhaltene, nicht secundäre Zuckungen, *b* und *c* durch Benetzung des Sartoriusquerschnittes mit HCl von 0,5 pCt. hervorgerufene secundäre Zuckungen. Die Verspätung der den oberen Curven ent-

sprechenden secundären Zuckung ist hier äusserst gering und kaum messbar.

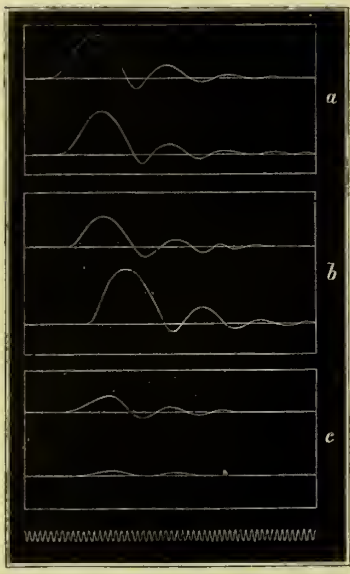


Fig. 7.

Nach den vorstehenden Beobachtungen pflanzt sich der die sec. Zuckung erzeugende Vorgang in der Muskelfaser im ungünstigsten Falle mit der Geschwindigkeit von 25 Ctm. in 1 Secunde, also äusserst langsam, in andern Fällen so rasch fort, dass das angewendete Verfahren, welches Geschwindigkeiten von etwa 2 Met. pr. Sec. noch zu erkennen gestattete, die Bestimmung nicht zuliess. Schon aus den ersten Angaben *Bernstein*'s ging hervor, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der electrischen Schwankungswelle im Muskel eine äusserst wechselnde sei und an ausgeschnittenen Muskeln viel schneller abnehme, als man nach anderen, namentlich den Erregbarkeitsänderungen entnommenen Zeichen hätte vermuthen können. Unsere Versuche scheinen dieses aufs Neue zu belegen, ich vermag aber den Verdacht nicht zu unterdrücken, dass unter den gefundenen unerwartet geringen Geschwindigkeiten electrische Vorgänge verborgen liegen, die den bisherigen Untersuchungsweisen bis jetzt entgehen mussten. Ist aus dem Verlaufe der Contraktionswelle irgend Etwas für den von Schwankungswellen zu schliessen, so wäre hier auf die bekannten, mit dem Auge wegen ihrer Langsamkeit leicht zu verfolgenden Contraktionswellen zu verweisen, die man fast an jedem, auch an dem frischesten Froschmuskel, namentlich an dem nach Entfernung des Sartorius aufgedeckten M. adductor magnus

sofort auf Berührung mit einer Nadelspitze in Gestalt zierlicher, in der Länge der Muskelfasern fortschreitender Knötchen ablaufen sieht.

---

Bei der in manchen Beziehungen nicht zu verschmähenden Ueberlegenheit des physiologischen Rheoskops gegenüber den galvanometrischen Mitteln, welche letzteren unter Zuziehung des Rheotoms unsere heutige Kenntniss des Verlaufes und der Form der Schwankungswelle geschaffen haben, sind Details in der Curve, auf welcher die secundäre Wirkung beruhen könnte, von gegenwärtig gänzlich unbekannter Art, keineswegs ausgeschlossen. Man denke nur an die Aussagen der Boussole über den Tetanus und an den secundären Tetanus, um in das Lob, welches *du Bois-Reymond* dem Nervmuskelpräparate vor vielen Jahren spendete, heute noch ebenso einzustimmen, wie damals. Wenn aber wirklich die Schwankungswelle uns vollkommen vor Augen liegen sollte, so bleibt immer noch festzustellen, ob nicht nur ein Abschnitt derselben und welcher dann die sec. Erregung auf sich zu nehmen habe? Am geeignetsten scheint dazu zunächst der vordere, weil er der steilste ist, es könnte aber sein, dass diejenige Stelle der Muskelfaser, welche die zur electromotorischen Ruhe übergehende hinter sich und vor sich die abnehmende Erregung hat, geeigneter zu einer Wirkung nach aussen wäre, als die die ruhende vor sich und die Abnahme hinter sich führende. Ein sehr kurzes Stück der Welle scheint es überhaupt nur zu sein, welches den angelegten Nerven erregt, wenn wir nicht annehmen wollen, dass diese Reizung, statt wie gewöhnlich zwei Punkte im Nerven gleichzeitig mit verschiedener electrischer Spannung zu versehen, in zeitlichem Wechsel der Spannungen nach kurzem Intervalle an demselben Punkte bestehe, wozu die Langsamkeit des Verlaufes der myoelectrischen Schwankung gewiss nicht einladet. Nur sehr genaue zeitmessende Versuche werden über diese schwierige Frage entscheiden, einst-

weilen liegt aber in der Erfahrung, dass Nerven secundär erregt werden, welche den Muskel in der kleinsten möglichen Fläche berühren, eine starke Aufforderung, den erregenden Abschnitt der Schwankungswelle auf ihrer einen oder anderen Hälfte zu suchen, da die erwiesene Unmöglichkeit jene Erfolge vom Nervenquerschnitte her zu erzielen und die mitgetheilten zeitlichen Beziehungen der sec. Wirkung zu localisirten electromotorischen Vorgängen im Muskel die Annahme unipolarer Entladungen vollkommen ausschliessen. Hinsichtlich des letzteren Punktes könnte freilich die sec. Zuckung vom Sartoriusquerschnitte aus den günstigsten Verdacht erwecken, ich glaube die merkwürdige Thatsache aber später anders und zusagender aufklären zu können.

Wie schon erwähnt, ist nichts geeigneter, einen den Muskel rechtwinklig kreuzenden Nerven zu erregen, als die Begegnung zweier in derselben Entfernung von der Belegstelle entstandener Wellen an diesem Orte. Die Mächtigkeit der Wirkung fällt ohne Weiteres ins Auge und es würde sich verlohnen sie an der Leistung des sec. Muskels messend zu prüfen, wozu ich nur desshalb noch nicht gelangt bin, weil mich ein auffallender Mangel oder die Schwäche der Wirkung zu beiden Seiten jenes Ortes noch mehr fesselten. Ich belegte den First eines grossen curaresirten, über ein sehr feines Glasbajonett mit beiden Enden herabhängenden Sartorius mit einem Nerven und legte jederseits noch 2 Nerven parallel dazu in etwa gleicher Entfernung von den Querschnitten und dem Firste an; als ich den Doppelquerschnitt in verdünnte Säure tauchte, sah ich den mittleren Schenkel heftig zucken, die beiden andern in Ruhe bleiben. Da mir zunächst Verdacht gegen die Zuverlässigkeit der Schenkel kam, vertauschte ich die Präparate, indem ich die vorige Symmetrie der Anlage auf dem durch neue Querschnitte verkürzten Sartorius wiederherstellte, aber ich erhielt dasselbe Resultat oder so unbedeutende

Zuckungen der Seitenschenkel, wie sie bei Reizung nur eines der Sartoriusquerschnitte nicht auftraten. Trotz aller Vorzüge des Verfahrens im Vergleiche zu dem schwer zu localisirenden, auf electrischer Reizung beruhenden, habe ich zur weiteren Verfolgung der Sache doch von letzterem Gebrauch machen müssen, weil die hier allein brauchbaren Sartorien sehr grosser Frösche durch die nothwendigen Controlversuche, welche jedesmal neue Querschnitte erheischen, zu bald verbraucht sind und überdies häufig nur einen Versuch gestatten, weil die Säure zwischen den aufeinander klappenden Muskelflächen emporkriecht. Zuweilen fahren die hängenden Muskelenden freilich sehr zierlich, wie die Goldblättchen eines Electroskopes, auseinander, man hat es aber nicht in der Gewalt, diese Contraktionsweise häufig genug zu erhalten. Die electrische Reizung erfordert hier eine Einrichtung zur sicheren Anlage der Electroden. Der Apparat besteht in einem horizontal oder vertical fixirbaren Glasstabe, um welchen der Sartorius ohne stärkere Spannung ringförmig geschlungen wird, der zugleich Träger der Electroden ist, die den Schluss des Muskelringes herstellen und befestigen. Eine der Elektroden besteht in einer Klemme, deren Wangen mit amalgamirten Zinkplättchen bekleidet sind, während die andere nur ein solches Plättchen darstellt. An das letztere wird der an seinen beiden Sehnenenden gefasste Sartorius mit feinem Seidenfaden angebunden, so dass das Zink mit beiden Flächen die Aussenfläche des Muskels berührt. Schiebt man nun die Klemme der anderen Doppelelectrode über und presst deren Zinkwangen mittelst eines Schräubchens leise gegen die nach aussen gekehrten Innenflächen des Muskels, so liegt jedes Ende des Sartorius zwischen je 2 stromzuführenden Zinken und zwar so, dass der Strom quer durch die Muskelfasern und beiderseits mit gleicher Richtung durch sie von innen nach aussen oder umgekehrt geht. Der Muskel liegt dabei gut fixirt auf dem Glasstabe, wo er nach Belieben mit senkrecht zu seinen

Fasern verlaufenden Nerven der sec. Präparate zu belegen ist. Ob der primäre Reiz wirksam sei, ist schon desshalb gut zu sehen, weil der Muskel nur schwach gespannt sein darf; man bemerkt es aber schon aus der Entfernung oder unter Umständen, wo fibrilläre Unregelmässigkeiten nicht zu erkennen oder wenn diese überhaupt nicht vorhanden sind und der Muskel selbst mehr gespannt sein sollte, als zulässig ist, an dem eigenthümlichen opalisirenden oder weisslichen Ansehen, auf das mich mein Freund Dr. *A. Ewald* zuerst aufmerksam machte, welches mit der Contraktion kommt und vergeht. An diesem Muskelringe fällt nun wieder die sec. Erregung von der Mitte, also der gereizten Schlussstelle des Ringes gegenüber, immer am heftigsten aus, während die zwischen dem Aequator und den Enden gelegenen Muskelstellen weniger oder garnicht wirksam sind, wie es scheint, am wenigsten im gleichen Abstande vom Aequator und den Enden. Ich habe dieses Verhalten am ausgeprägtesten beim Tetanisiren des Muskels, aber auch recht bemerkbar bei Einzelreizungen mit Oeffnungsschlägen des Inductoriums gefunden. Genauere Versuche stossen auch hier leider auf grosse Schwierigkeiten, da Stromschleifen überhaupt und in der Nähe der Enden besonders zu fürchten sind, doch habe ich mich so vielfach von der Regelmässigkeit der Erscheinung und von ihrer Unabhängigkeit von Erregbarkeitsdifferenzen der Nervenmuskelpräparate überzeugen können, dass ich es wagen durfte, sie bekannt zu machen.

Ohne Zweifel handelt es sich hier um Vorgänge, die mit vollem Rechte als interferirende zu bezeichnen sind, wie ich es um so unbefangener aussprechen darf, als der Entdecker der Erregungswelle bereits kein Bedenken trug, Aehnliches für Phänomene ganz andrer Ordnung anzunehmen. *Bernstein*'s „Anfangszuckungen" bei sehr rasch aufeinander folgenden Reizen sind zwar in letzterer Zeit etwas zur Seite geschoben, es hiesse aber, meine ich, an einem fundamentalen Phänomene vorübergehen,

wenn man glauben wollte, dass die Acten darüber durch *Kronecker's* an sich sehr wichtige Versuche über Tetani höchster Reizfrequenz schon geschlossen seien. Im Anschlusse an jenes Versagen des Tetanus bei gewisser, nicht einmal sehr hoher Reizfrequenz, würden Interferenzen der Erregungswellen in einer von beiden Enden her gleichzeitig erregten Muskelfaser etwas so Unverständliches nicht sein, die hier mitgetheilten Befunde enthalten aber eine Thatsache, welche zunächst nicht genau unter jene Auffassung zu fallen scheint, und es liegt dieselbe in dem bei Einzelreizen ebenso gefundenen Verhalten der Muskelstellen bezüglich ihrer sec. Wirksamkeit. Wie mir scheint, schliesst dies vor Allem die Annahme aus, dass der Anfangstheil der Schwankungswelle nach aussen wirke, denn wie wollte man sich Interferenzen an einer Muskelstelle vorstellen, wo von der am anderen Ende entstandenen Welle noch gar nichts angelangt sein kann? Verlegt man dagegen die sec. Wirksamkeit in einen hinteren Abschnitt der Schwankungswelle, so kann bei der bekannten Länge derselben, in den kurzen Muskelfasern, über die wir hier nur verfügen, recht gut der Anfang einer entgegengesetzt gerichteten in Strecken des ersteren fallen und dessen Effecte an den unwirksam gefundenen Orten vernichten. Wo endlich die beiden erregenden Wellenabschnitte aufeinander fallen, gehört die verstärkte Wirkung nicht ins Gebiet des Unverständlichen.

**2. Matteucci's secundäre Zuckung.**

Als *Matteucci*'sche Zuckung mag kurz die secundäre benannt werden, welche durch indirekte primäre Reizung, also von einem Muskel erhalten wird, dessen Nerv erregt worden. Auf demselben Wege ist bekanntlich nach *du Bois-Reymond*'s Beobachtungen auch secundärer Tetanus, von welchem hier ebenfalls die Rede sein wird, zu erzielen. Ich muss dazu die Bemerkung vorausschicken, dass nur electrischer und mechanischer Reiz in rascher Folge angewendet, diesen Tetanus hervorbringen und dass ich diese

Reize wegen der gebräuchlicheren Art ihrer Herstellung, sowie den damit erzeugten Tetanus gelegentlich als „rhythmisch“ bezeichne.

Die *Matteucci*'sche Zuckung ist es, welche vor einiger Zeit wieder in den Verdacht gekommen, entweder gar nicht oder nicht ausschliesslich von der electrischen Schwankungswelle des Muskels, sondern ganz oder theilweise von Entladungen am intramuskulären Nerven herzurühren. Seit *du Bois-Reymond* auch vom blossen Nerven secundäre Wirkung erhalten, ist bis auf den heutigen Tag die Vorstellung einer Art Querleitung oder erregenden Induction[1]) von Nerv zu Nerv nicht völlig aus der Physiologie gewichen; da wir aber wissen, dass kein anderer Reiz als der electrische, vor Allem kein vitaler, die von *du Bois-Reymond* selbst als „paradox“ bezeichnete Zuckung veranlasst, durfte die hinter *Matteucci*'s Zuckung vermuthete Entladung nicht an die gewöhnlichen interlemmalen Nervenfasern, sondern nur an die von mir entdeckten hypolemmalen, oder an die motorische Nervenendigung anknüpfen. Anhänger dieser Auffassung konnte gewiss kein Vorwurf treffen, da soeben noch zwei gewichtige, unwiderlegte Angaben existirten, welche die Betheiligung des Muskels an der *Matteucci*'schen Zuckung so gut wie ganz in Frage stellten, während keine Thatsachen entgegenstanden, die sich mit der Annahme einer ausschliesslichen Endplattenwirkung in entscheidendem Widerspruche befunden hätten. Dass Muskeln indirekt gereizt auch fibrillär zucken können, war hier von gar keinem Belang, da jene auf die secundäre Wirkung gemünzte allgemeine Entladungshypothese nicht Erregung benachbarter Muskelfasern, deren electrische Erregbarkeit verhältnissmässig gering ist, sondern von Nervenfasern fordert, und da man schon lange weiss, dass intermuskulare Nerven dazu, aus unbekannten Gründen freilich, aber sicherlich nicht so geeignet sind, wie extramuskulare Ner-

[1]) Vergl. *Hoppe-Seyler.* Physiol. Chem. III. S. 544.

venstämme. Der einen Angabe, dass die direkt erregte Muskelwelle ungeeignet zu secundärer Wirkung sei, wurde vorhin ein Ende gemacht, und ich glaube, dass auch die andere sammt allen Vermuthungen, die sich daran knüpfen liessen, vor gründlicher Nachprüfung nicht besteht. Es ist dies die gelegentlich von *Marmé* und *Moleschott*[1]) erwähnte Beobachtung, dass secundäre Zuckung zuweilen auftrete ohne primäre. Man begreift, wie jene Forscher dazu gekommen, als sie sehen wollten, wie viele Schenkel hintereinander angeordnet, nach Reizung des Nerven am ersten Präparate zucken würden, denn die Zuckungen höherer Ordnung werden einestheils wohl der Reihe nach schwächer und schliesslich so schwach, dass der Fortgang in der Regel am fünften bis sechsten Schenkel eine entscheidende Grenze findet, anderntheils aber vermindern sie sich nicht in so strenger Folge, dass nicht gelegentlich ein schwach bewegter Schenkel zwischen zwei heftig schlagenden gesehen würde. Ich weiss aus eigener Erfahrung zu gut, dass es einer Anzahl von Mitbeobachtern bedarf, von welchen Jeder möglichst nur einen Schenkel aufs Korn zu nehmen hat, wenn man sich nicht stark über das Verhalten der Reihe irren will, und ich habe zu oft bemerkt, dass ein Schenkel, durch den der Vorgang fortlief, scheinbar in Ruhe blieb, während doch einige seiner Muskeln, die der folgende Nerv berührte, gezuckt hatten. Schliesst man solche Täuschungen aus, indem man statt des vielmuskeligen Schenkelpräparates nur den Gastrocnemius nimmt, so wird man bei keinem Grade irgend welcher Reizung secundäre Wirkung von ihm ausgehen sehen, wenn er sich nicht selber sichtlich regt.

Somit wäre denn jeder Grund beseitigt, die secundäre Wirkung eines Muskels, dessen Nerv gereizt worden, nur seiner Nervenendigung zuzuschreiben und wir gelangen an die Frage,

---

[1]) Vergl. *Moleschott*'s Unters. u. s. w. Bd. I. 1.

ob die letztere daran ausser der Muskelsubstanz überhaupt noch nachweislich betheiligt sei. Der zum grössten Theile hinreichend regelmässig gebaute Sartorius mit seinen nervenlosen Enden ist auch für die *Matteucci*'sche Zuckung ein so vortreffliches Object, dass er hier am besten lehren konnte, ob dieselbe der vermutheten Mitwirkung von Nervenendigungen bedürfe. Man kann die Reizung am Plex. sacr. vornehmen, nachdem der Muskel vom Oberschenkel mit Ausnahme der Eintrittsstelle seines Nerven abpräparirt und an seinen Enden fixirt worden, wobei der Nerv vor dem Vertrocknen durch die natürliche Umgebung geschützt bleibt, ich finde es aber besser und weniger zeitraubend das Präparat in der früher von mir angegebenen Weise vollständig zu isoliren, und rathe diese Jedem an, der die kleine, arg überschätzte Geschicklichkeit besitzt, damit in etwa zwei Minuten fertig zu werden. Die sogenannte Reizrinne, welche ich früher zur electrischen Behandlung des Sartoriusnerven herstellte, fertigte mir jetzt Herr Mechaniker *Zimmermann* hier in so zweckmässiger Form an, dass ich keine Schwierigkeiten finde, mit dem Präparate fast so bequem und lange zu hantieren, wie mit der gewöhnlichen Nerv-Schenkelzurichtung. Die ersten Versuche an dem Sartorius werden zweckmässig vor Anlegung eines Querschnittes angestellt, indem man die Symphyse und die spitze Sehne mit Elfenbeinpincetten gefasst vor dem Reizschuh, wie ich den kleinen Apparat seiner Form wegen nenne, in der Schwebe hält, ein Verfahren, das ich überhaupt befolge, um die Isolirung aller zu dem Versuche heranzuziehenden Präparate, wo irgend möglich durch die Luft zu bewerkstelligen. Ausserdem ist es für diesen Muskel eine wichtige Regel, ihn so zu fixiren, dass er selbst während der Contraktion möglichst wenig gespannt werde, da er durch nichts leichter an secundärer Wirksamkeit verliert, als durch Dehnung. Ich bemerkte nun sogleich, dass der Sartorius keine Stellen besitzt, welche die *Matteucci*'sche Zuckung nicht

gäben, und überzeugte mich, dass man den Schenkelnerven dazu in derselben Weise wie an den direkt gereizten Muskel anlegen müsse, um mehr oder minder kräftige secundäre Zuckungen zu erhalten. Vor Allem handelte es sich auch hier wieder um die Berührung möglichst langer Nervenstrecken mit möglichst grossen Faserlängen des Muskels und zwar so, dass die Nervenschlingen verschiedenen Gruppen von Muskelfasern anlagen. Etwas weniger günstig, jedoch für die wichtigeren Versuche mehr als ausreichend, fand ich die Querlage und mittelst dieser liess sich am besten zeigen, dass die secundäre Zuckung gerade so gut von den nervenlosen Enden, wie von den mittleren Regionen zu erhalten sei. Man braucht sich nicht zu scheuen den Nerven fast an die Sehne zu rücken, denn wenn der Muskel dort nur schonend behandelt worden, erhält man von der letzten, vernünftiger Weise noch benutzbaren Stelle Effecte, die mit grösster Sicherheit zur Demonstration verwendbar sind. Die Reizung habe ich sowohl mit einzelnen Inductionsschlägen, wie tetanisirend ausgeführt, mit jedesmal entsprechendem secundärem Erfolge, ich muss aber hinzufügen, dass die ersten mässigen Zuckungen immer erfolglos sind, und dass nur sehr vorübergehend tetanisirt werden darf, wenn die secundäre Wirkung selbst einzelner Zuckungen nicht später ganz verloren gehen soll. So unbequem dies ist, so vortheilhaft erweist es sich um Stromschleifen und unipolare Störungen auszuschliessen, denn wenn nach erschöpfendem Tetanisiren die secundären Präparate selbst bei gesteigertem Reize in Ruhe bleiben, so stellt dies an sich den besten Controlversuch dar; mit demselben ist daher jede Versuchsreihe abzuschliessen.

Wer die *Matteucci*'schen Zuckungen am quer mit Nerven belegten Sartorius sich ansieht, wird sogleich zu der Ueberzeugung kommen, dass der frische Muskel gewiss keine durch grössere secundäre Wirksamkeit ausgezeichnete Stellen besitzt mit Ausnahme einer sehr nahe dem spitzen Ende, das man seiner ab-

weichenden Gestalt wegen bei vergleichenden Beobachtungen lieber ausschliesst, gelegenen. Um ein ungefähres Maass zu gewinnen, habe ich mich der bekannten von *Rosenthal* eingeführten Reizabstufung am Schlitteninductorium bedient, indem ich probirte, ob es schwächere primäre neuromuskuläre Contraktionen gebe, welche am nervenlosen Ende nicht oder weniger secundär wirksam seien, als an den Nerven und Nervenenden enthaltenden Theilen. Die anzulegenden Nerven wurden vorher in derselben Weise auf Gleichheit ihrer Erregbarkeit durch Feststellung des wirksamen Minimalreizes geprüft und nur solche, demselben Frosche entnommene verwendet, welche der Probe genügten. Dieselben wurden dann mit gleichen Strecken der Innenfläche des Sartorius sorgfältigst quer angeklebt, der eine auf dem breiten nervenlosen Ende, der andere an irgend welcher nervenhaltigen, dem Hilus näheren oder ferneren Stelle. Je frischer der Muskel war, um so öfter sah ich secundäre Zuckung sowohl, wie secundären Tetanus in beiden Präparaten bei demselben Rollenabstande erfolgen, oder sehr geringe Aenderungen des letzteren erforderlich, um sie überall kräftig zu erhalten und wenn grössere Unregelmässigkeiten vorkamen, fand ich diese ebenso oft zu Gunsten der Endanlage, wie umgekehrt. Jedenfalls kam durchaus Nichts vor, was dem Muskel in den Gegenden, wo er besonders reich an Nervenendigungen ist, kräftigere secundäre Wirkung zuzuschreiben erlaubte. Sind die Muskeln nicht frisch, zu lange angestrengt oder am Querschnitte unzart behandelt, so treten freilich nicht zu entwirrende Differenzen in den einzelnen Stellen auf, und es ist unzweifelhaft, dass das breite Ende dann vorzugsweise leidet, während das spitze sich entschieden am längsten gut erhält. Den ruhenden Muskelstrom und den zugehörigen Aequator berücksichtigende Anlegungen des secundären Nerven liessen auch bei Beachtung der Richtung des Nervenstromes keine bevorzugten Plätze am Muskel herausfinden, so lange dieser un-

verletzt blieb. Den regelrechten Querschnitt des Sartorius fand ich bei neuromuskulärer Erregung secundär wirksamer, als bei direkter Muskelreizung, insofern ich die secundäre Zuckung von dort her auch an Winterfröschen selten vermisste. Querschnitte der nervenreichen und nervenfreien Theile boten keine Unterschiede und alle waren besonders günstig für secundären Tetanus, was in Uebereinstimmung mit ähnlichen Angaben von *du Bois-Reymond* sein dürfte, die sich jedoch vermuthlich auf Querschnitte von weniger regelmässig gebauten Muskeln, als dem von mir verwendeten, beziehen.

Was *du Bois-Reymond* mit den *Matteucci*'schen Zuckungen vom Gastrocnemius gelang, nämlich sie eintreffen zu sehen, ohne direkte Anlage des Nerven nach Einschaltung zweier feuchter Leiter, ist zuweilen auch vom Sartorius erreichbar, und man wird es der geringen Masse dieses Muskels zuschreiben, wenn der Versuch dennoch öfter fehlschlägt. Am unverletzten Sartorius stellte ich denselben mit einer der schon beschriebenen Ableitungen zwar meist vergeblich an, und ich finde unter vielen ganz negativen nur wenige Fälle in meinen Notizen, wo einige Male hintereinander die Erregung eines auf zwei Thonröllchen gelegten Nerven gelang, deren andere Enden den Muskel diesseits und jenseits des Hilus berührten. Am besten und häufigsten ist mir die Uebertragung auffallender Weise geglückt, wenn ich die Sehnenenden auf den Thon befestigte, die Röllchen gegen einander krümmte und mit dem Nerven verband. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass hier besonders Controlen gegen Täuschungen vorgenommen wurden, welche übrigens schon darin lagen, dass der Erfolg so häufig ausblieb, als die Thone dem Hilus näher gerückt wurden. Hat der Muskel erst einen Querschnitt, so gelangt man zwar nicht constant, aber am leichtesten zum Ziele, indem man den Schnitt des breiten Endes mit Igelstacheln gegen den Thon befestigt und die zweite Leitung vor dem Hilus anlegt.

Hinsichtlich des sec. Tetanus ist das Gleiche wie von den direct erregten Sartoriuszuckungen zu bemerken: derselbe ist ausserordentlich flüchtig bei Reizen, welche in langsamer Folge schon kräftige sec. Einzelzuckungen bewirken. Dennoch glaube ich bemerkt zu haben, dass ein sec. Tetanus der vergänglichsten Art entsteht nach primären Reizen, die einzeln angewendet an der Grenze der sec. Wirksamkeit lagen, also Etwas, das auf Summation zu beziehen wäre. Wies noch erwähnt, ist *du Bois-Reymond*'s sec. Tetanus, vom Sartorius aus überhaupt von geringster Dauer und das Vermögen dazu diesem Muskel sehr leicht zu rauben. Wer es versuchen will sich an diesem Muskel von *du Bois-Reymond*'s am Gastrocnemius so leicht zu bestätigender Beobachtung, dass bis zur Ueberdehnung gesteigerte Spannung die sec. Erfolge zunächst nicht aufhebt, zu überzeugen, wird dieselbe Mühe davon haben, deren ich mich zu unterziehen hatte um einige Male den kurzdauernden Tetanus zu sehen, der sogar am noch mässig gespannten Sartorius so oft ausbleibt, obwohl der wieder entspannte Muskel später recht gut zucken und sich dauernd contrahiren kann. In letzterem Zustande hat der Sartorius jedoch bei gleich bleibendem Reize die Fähigkeit zu sec. Tetanus auch eingebüsst, während die zu sec. Einzelzuckungen noch leidlich erhalten sein kann.

Meines Erachtens gab es noch eine Ueberlegung, die weitere Versuche über electrische nach aussen übertragbare Wirkungen der im Mnskel enthaltenen nervösen oder ähnlichen Organisationen nicht ganz überflüssig erscheinen liess. Man stelle sich vor, dass electrische Vorgänge an den Nervenenden umgewandelt werden in andere Processe, welche der Muskelreizung direct zu Grunde liegen: dann könnten Behandlungen der Muskelsubstanz, die sie zu den letzteren unfähig macht, eine Ableitung unverbrauchter neuroelectrischer Entladungen ermöglichen. Ausserdem erwäge man die schon von *Engelmann* nach der bekannten, von *Darwin* gegebenen Anregung geäusserte Vermu-

thung, dass überall, wo Leitung erregungsartiger Vorgänge besteht, eine der nervösen Substanzenmischung — und Anordnung, kürzer gesagt, nervöser Organisation ähnliche Einrichtung vorkomme, und erwäge dazu die in demselben Sinne entstandene Annahme, dass die isotrope Substanz des Muskels ein solcher Nerv sei. Da die Erregungswelle des Muskels der Contraktionswelle voranschreite, was *Engelmann*, ohne es zu sagen, *Bernstein* entnimmt, werden contraktile und leitende Substanz für zwar durcheinander geschichtet, aber doch für unterschieden gehalten, so dass es also Muskeln mit Erregungswellen, aber ohne Contraktionsvermögen, und solche mit dem Vermögen zu Contraktionen, welche sich nicht über die vom Reize betroffene Stelle fortpflanzen, also ohne Erregungswellen geben könnte. Für wie verfehlt ich die Ansicht halte, dass sich an der Contraktion nur eine der Substanzen oder Stoffmischungen des Muskels betheilige, so wahrscheinlich muss ich es finden, dass einem Muskel ein Theil derselben künstlich oder im Gange gewisser Entwicklungen genommen werde, so dass ein Gewebe zurückbliebe mit allen wesentlichen Eigenschaften der Leitsubstanz, aber ohne Contraktilität. Jeder absterbende Muskel lehrt umgekehrt, wie die Leitsubstanz das Vermögen, worauf sie benannt ist, verliert, während ihr die Fähigkeit, in richtiger Mischung und Anordnung mit den übrigen Stoffen des Muskels energische Localcontraktionen zu vollziehen, noch zukommt. Die Leitsubstanz aber bei höheren Geschöpfen, wo es Nerven giebt, mit diesen zu identificiren, hiesse das Princip der Differenzirung missverstehen. Ich will nicht davon reden, dass jene Substanz 10 mal langsamer leiten müsste als der Nerv, weil solche und grössere Unterschiede auch von Muskel zu Muskel vorkommen und nicht die übrigen Differenzen der electrischen Schwankungswellen von Nerven und Muskeln hervorheben, für die sich mancherlei in der Verquickung der Einrichtung mit den dem Muskel eigenthümlichen Stoffen gelegene Gründe denken lassen, aber das Eine ist hervorzuheben,

dass man durchaus nicht begriffe, warum der nicht contractil gewordene motorische Nerv, wie es für die Wirbelthiere bewiesen ist, nicht continuirlich in jene Leitsubstanz übergeht, während er es doch in den Ganglienzellen thut. Verschmilzt die Entwicklung embryonale Nervenzellen ebenso miteinander zum Axencylinder, wie sie die ersten zelligen Anlagen des Muskels in vielen Fällen später zu einem muskulösen Vollcylinder sehr vollkommen verbindet, so ist nicht einzusehen, wie sie die Leitsubstanz der einen und der andern fortwährend an der Verschmelzung hindert, während sich doch kein andres Gewebe dazwischen lagert.

Bezüglich der angeblichen Unabhängigkeit des Contraktionsvorganges von der Leitsubstanz endlich ist daran zu erinnern, dass wir Anfang und Ende der Contraktionswelle nicht mit derselben Schärfe wie bei der Schwankungswelle messen können, aber von der Länge der ersteren wissen, dass sie die der Erregungswelle beträchtlich übertrifft, so sehr, um recht weit in die letztere reichen zu können und dass ihre Länge und Abflachung im Absterben allem Anscheine nach den gleichen Aenderungen der Schwankungswelle folgen[1]).

Dass der in seinem Leitungsvermögen durch Dehnung oder, wie ich hinzuzufügen habe, durch Ueberreizung und am meisten durch Beides, sonst noch nicht einmal erheblich beeinträchtigte Muskel starke Abnahme und selbst Verlust der sec. Wirksamkeit zeigt, beweist im Allgemeinen den Einfluss des zeitlichen Verlaufes der muskulären Erregungswelle, den man nach dem *du Bois-Reymond*'schen Gesetze der Abhängigkeit aller electrischen Erregung von der Schwankung der Stromdichte in der Zeit erwarten und bezüglich der Miterregung des angelegten Nerven in Anspruch nehmen muss. Dürfen wir voraussetzen, dass sich die Form der Schwankungswelle hier in ähnlicher Weise ändert, wie

---

[1]) Vergl. *Bernstein* und *Steiner*. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 526.

die der Contraktion, und wie diese an Höhe und Steilheit ihres Anfangsstückes zuerst sehr wenig einbüsst, während die große Abflachung und Verlängerung in den aufsteigenden Theil, also in das Endstück fallen, so würde dies in erfreulicher Uebereinstimmung mit der vorhin ausgesprochenen Vermuthung stehen, dass nur die zweite Phase der Schwankungswelle Ursache der secundären Wirkung ist; die Veränderung dieser würde dann die Ursache der sec. Unwirksamkeit aller Contraktur sein und zugleich das Mittel an die Hand geben, die Nervenendigungen in einem Muskel wirken zu lassen, dessen Eigenwellen keine sec. Zuckungen mehr erzeugen können. Aus diesem Grunde muss ich besonderes Gewicht darauf legen, dass an den Enden gehörig geschonte Sartorien keineswegs in den nervenreichen Gegenden zuerst so auffällig an Wirksamkeit verlieren, dass man aus der Entwicklung dieses Verlustes in der Längsausdehnung des ermüdenden Muskels irgend welche Vermuthung über hervorragende Betheiligung der Nervenenden bei der sec. Zuckung schöpfen könnte. Ich habe den Versuch verbessert, indem ich eine Strecke des spitzen Endes des Sartorius zwischen die Electroden nahm und durch möglichst localisirte Reizung den Muskel doch seiner ganzen Länge nach tetanisch zu ermüden trachtete, ohne die extrapolar endenden Nerven in Anspruch zu nehmen: blieb darnach die *Matteucci*'sche Zuckung aus, so galt dies meist so gut für die nervenhaltigen wie für die nervenlosen Strecken, oder wo schwache Reste der sec. Wirkung übrig geblieben, keineswegs vorwiegend oder etwa constant für die dem Hilus näheren Abschnitte. Ich will zwar nicht behaupten, die hypolemmalen Nerven litten nicht, wenn die Säule contractiler Substanz, mit der dieselben in Berührung stehen, von einem entfernten Orte her erschöpft wird, ich glaube aber, dass man kaum ein milderes Verfahren ersinnen wird, als dieses, um den Muskel möglichst ohne seine Nervenendigung zu schädigen.

*Du Bois-Reymond* gedenkt in seiner Experimentalkritik der Entladungshypothese (S. 549) eines älteren Planes, dessen Verwirklichung er z. Th. unternommen, welchen ich hatte, um Muskeln, wenn möglich durch schädliche Stoffe, Gifte u. dergl. abzutödten, ohne die motorische Nervenendigung zu treffen; solche Muskeln sollten auf die *Matteucci*'sche Zuckung geprüft werden. Ich muss dazu bemerken, dass es wesentlich die jetzt widerlegte Angabe von *Marmé* und *Moleschott* war, welche jenen Vorsatz eingegeben. Nach den erwähnten neueren Ueberlegungen habe ich aber einige Aehnliches verfolgende Versuche auch jetzt nicht für überflüssig gehalten, und ich halte es für nöthig dieselben mitzutheilen, um Andere vor Täuschungen zu schützen. Eins der besten Mittel, den Muskel abzutödten, ist das Ammoniak, während bei diesem Reagens allenfalls darauf zu rechnen war, dass es tiefer vergrabene Nervenendigungen schone, wenn es nur in Dampfform auf endständige Querschnitte des Sartorius wirkte. Um dies zu erreichen, hob ich den Muskel mit Ausnahme der Nerveneintrittsstelle vom Oberschenkel, dessen übrige Fleischmasse an einen Glasstab gebunden worden, ab und zog ihn durch zwei kurze, am Hilus zusammenstossende Glasröhrchen, an deren anderer Mündung ich die kurz herausragenden Muskelenden mit je einem Querschnitte versah. Dort liess ich so lange $NH_3$-Dämpfe einwirken, bis der Muskel abgetödtet schien. Das Ergebniss einer am Plexus sacralis angebrachten Reizung kann darauf ein sehr wunderbares sein, wenn man die Glasröhrchen fortzieht und einen Froschschenkel mit seinem Nerven auf den wieder entblössten Sartorius legt: regungslos kann der kleine, natürlich durch eine untergeschobene Glasplatte von der Oberschenkelmuskulatur zu trennende Muskel, an seinem Hilus fixirt daliegen, während der sec. Schenkel lebhaft zuckt oder in heftigen Tetanus verfällt. Indess ist die Täuschung bald entdeckt, sobald man den primären Muskel genau beachtet, in welchem zu dieser Zeit

nämlich noch feine Furchen auftreten, welche die normale Erhaltung einiger, gewöhnlich in der Mittellinie, z. Th. wohl tief liegenden Fasern beweisen. Der Sartorius ist nach der $NH_3$-Behandlung in seiner Hauptmasse so stark von Contraktur befallen, dass jene Fasern ihn nicht weiter verkürzen können oder es erst thun, nachdem man ihn etwas ausgereckt hat. Sind die sec. Zuckungen schwächer, so ist es freilich nicht immer möglich, die letzten Reste der primären zu erkennen; man wird sich aber wohl hüten, desshalb auf eine von den intramuskulären Nerven ausgehende sec. Wirkung zu schliessen, denn die Nervenenden müssten dann wunderbarer Weise unmittelbar nach dem Momente, wo die secund. Zuckungen ganz unmöglich werden, dem Muskel im $NH_3$-Tode folgen.

Wenn die motorische Nervenendigung im Wesentlichen aus Axencylindern besteht, ist zu schliessen, dass sie bei Temperaturen, welche die Erregbarkeit der Nervenstämme erhalten, auch die ihrige bewahre. Da ich aus älteren Beobachtungen[1]) wusste, dass man den Muskel bei 40—45° C. partiell abtödten kann, ohne seine interlemmalen Nervenfasern functionell zu vernichten und da *Afanasieff*[2]) später zeigte, dass Nerven einigermaassen rasch, im Allgemeinen erst bei etwa 50° C. absterben, so rechnete ich darauf, durch Erwärmen Muskeln schaffen zu können, welche als lebendige Theile nur noch die Nervatur mit der gesammten Endigung enthielten. Als ich Froschschenkel mit oder ohne die Haut in dünnem Salzwasser mehr oder minder rasch und vollkommen bei 40—45° C. zum Verluste der Erregbarkeit oder zum Erstarren brachte, bemerkte ich daran viel früheres Aufhören der sec. Wirkung, als der primären Contraktion auf Nervenreiz und niemals ein Stadium, wo diese erloschen und jene erhalten gewesen wäre. Das Verfahren ist indess für die hypo-

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 597.

[2]) Ibid. 1865. S. 691.

lemmalen Nerven bedenklich zur Zeit, wo sich die epi- oder interlemmalen noch ganz gut befinden können, weil der Muskel säuert und wie Gift auf die ersteren wirken muss. Der saure Fleischsaft verbreitet sich zwar alsbald auch jenseits des Sarkolemms, aber hier findet er markumhüllte Nerven in Scheiden vor, denen er sicher viel später schadet, als den nackten Axencylindern, die er zuerst erreicht. Dem Unheil zu begegnen, tauchte ich statt der Schenkel ganze Frösche mit den Beinen in das warme Bad und trieb während des Erwärmens, unter constantem, mässigem Drucke, vom Herzen aus eine schwach alkalische Salzlösung ($H_2O$ 100 — NaCl 0,5 — $PO_4Na_2H$ 0,25) durch die Gefässe; die Muskeln bedurften jetzt bei denselben Temperaturen bedeutend längere Zeit um abzusterben und die Säure wurde ihnen so vollkommen genommen, dass ich sie selbst erstarrt noch recht durchsichtig fand, wie denn überhaupt die geringere Durchsichtigkeit todtenstarrer Muskeln nicht constant ist und bei unverletzten oder mässig gedehnt erhaltenen Fasern weniger auf der Myosingerinnung, als auf der punktirten Fällung der Serum-Globulinate beruht, deren Entstehung und Menge vom Säure g r a d e abhängen. An den alkalisch abgestorbenen Muskeln fand ich die Reihenfolge des Verlustes der sec. Wirksamkeit und der Erregbarkeit durch die eigenen Nerven grade so wie früher. Hinsichtlich der Erfolge anderer, in gleicher Absicht angestellter Muskeltödtungen hätte ich dies nur zu wiederholen; ich habe dazu Wasserinjectionen, Chloroform, Veratrin, Rhodannatrium, Apomorphin, Kupfersalze und Alkalicholate benutzt und finde keinen Anlass, die Versuche näher zu beschreiben, weil überall definitiver Verlust der sec. Wirkung vor dem Schwinden der primären Reaction festgestellt wurde. Gelegentlich wurde hierbei *v. Wittich*'s jetzt besonders wichtige Beobachtung bestätigt, dass die durch $H_2O$-Injectionen an curaresirten Muskeln entstehenden Zuckungen secundär wirken.

## Verhalten langsam beweglicher Muskeln zum Froschnerven.

Die Erfahrungen über Unfähigkeit der Contractur zu sec. Wirkung forderten zur Prüfung einiger normaler Weise langsamer beweglichen Mnskeln auf. *Matteucci*[1]) hat bereits angegeben, dass er die sec. Zuckung vermisst habe, wenn er den Schenkelnerven an die bewegten Muskelmassen des Darms und des Magens warmblütiger Thiere anlegte. Ich habe es nicht anders gefunden am Darme, dem Magen, der Harnblase und den Ureteren vom Kaninchen, der Katze und dem Hunde, auch wenn sich deren glatte Muskulatur ohne mein Zuthun oder durch mechanischen und electrischen Reiz so kräftig wie möglich bewegte, weder bei lebend geöffneten, noch bei soeben verbluteten Thieren. Namentlich am Ureter des Kaninchens waren die natürlichen oder künstlich erzeugten Contraktionswellen sicher unwirksam nnd es kam nichts von sec. Zuckungen zum Vorschein, als der Strang ohne Nebenschliessung auf eine Glasplatte gebettet worden[2]). Von der durch Entfernung der Cornea freigelegten Iris eines grossen Kaninchens erhielt ich keine Wirkung auf den in irgend welcher Weise direct angelegten Froschnerven, während der N. Sympathicus am Halse gereizt wurde; indess ist die Erweiterung der Pupille bei diesem Verfahren sehr gering, da die Iris sich, wie *Hensen* und *Völkers* fanden, im eröffneten Auge bis zur Unbeweglichkeit gegen die Linse capillar ansaugen kann.

Unter den gestreiften Muskeln vermisste ich die sec. Wir-

---

1) Cours d'Électro-Physiologie. 1856. Paris 1858, p. 130.

2) Man hat sich bei diesen Versuchen zuweilen vor jenen eigenthümlich wühlenden Contraktionen zu hüten, welche durch die Erwärmung des Froschnerven entstehen und dann auch von der Leber und der Niere erhalten werden, wie dies bereits *Czermak* (Ges. Schriften, I. S. 430) beobachtete.

kung bei Hydrophilus und beim Flusskrebse, bei letzterem auch, wenn die primären Contraktionen der Scheerenschliesser durch Reizung der die Nerven führenden höheren Theile der Extremität erzeugt wurden. Ich habe auch den Darm des Schleis, der sich da, wo er gestreifte Muskeln führt, auf electrische Reizung eines Abschnittes kräftig und ziemlich rasch, fast zuckend in einiger Ausdehnung bewegte, mit dem Froschnerven in verschiedenen Richtungen belegt, den Schenkel aber weder auf Einzelreizungen, noch beim Tetanisiren reagirend gefunden. In grösserer Nähe der Electroden gab es wohl Wirkungen, jedoch keine Sicherheit, dass dieselben nicht von Stromschleifen herrührten.

Secundär völlig unwirksam fand ich die Muskeln von Emys europæa, sowohl die blasseren M. retrahentes capitis collique, wie die rothen der Extremitäten, als ich die ersteren durch Einbohren einer Stricknadel in den Wirbelcanal oder nach dem Ausschneiden an einem Ende direct electrisch, die letzteren von den Nervenstämmen her reizte. Da die Schildkröte den Kopf bekanntlich mit beträchtlicher Geschwindigkeit einzieht und ihre Beine sich wenigstens bei künstlicher Reizung der Nerven mit einzelnen Inductionsschlägen ziemlich rasch zuckend bewegen, muss die secundäre Unwirksamkeit, die ich an sechs gesunden und soeben geöffneten Exemplaren der genannten Species, sowohl für Einzelzuckungen wie für den Tetanus constatirte, überraschen. Von dem Ventrikel (nicht von den Vorhöfen) des mächtig schlagenden Herzens gelang es dagegen durch Auflegen des Froschischiadicus secundäre Zuckungen zu erzielen, die freilich sehr schwach waren und bald nach dem Herausnehmen des Herzens, also lange vor aller merklichen Abnahme des Pulsirens, verschwanden.

Von den rothen Schenkelmuskeln des Kaninchens, die sich nach *Ranvier*'s, *Kronecker*'s[1]) u. A. interessanten Beobachtungen

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1878. S. 1.

am lebenden Thiere schon in einer zur Contraktur überleitenden Weise bewegen und deren Zuckung auf einmaligen Reiz eine im absteigenden Theile 4mal längere Curve als die der farblosen Muskeln verzeichnet, erhielt ich auf Nervenreiz eben so gut sec. Zuckung und sec. Tetanus, wie von jenen. Hier hätte es das grösste Interesse nachzusehen, ob der zeitliche Verlauf der Schwankungswelle entsprechend unterschieden ist, wie der der Zuckung; *Bernstein*'s und *Steiner*'s Feststellungen am Sternomastoïdeus des Hundes, der zwar auch roth ist, berühren die Frage natürlich nicht, da der Hund nur rothes Fleisch besitzt und weil die Verschiedenheit durch die Farbe überhaupt wohl nur angedeutet, nicht davon bedingt ist. Ich hatte noch nicht Gelegenheit, Prüfungen an den Muskeln Neugeborener und an unfertigen Muskeln vorzunehmen, an welchen *Soltmann* die Contraktionen langsameren Verlaufes überhaupt zuerst genauer feststellte und vermuthlich den Schlüssel der höchst beachtenswerthen Abweichung erfasste.

---

### 3. Primärer und secundärer Tetanus.

Bis *Hering* und *Friedrich* [1]) die Unfähigkeit vieler Tetani zu secundärem Tetanus enthüllten, galt der letztere für ein so sicheres Merkmal des primären, dass er nicht nur zum Beweise der electromotorischen Discontinuität aller Tetani, sondern auch zur Entscheidung zwischen Contraktur und Tetanus allgemein verwendet wurde. Ohne Widerspruch ward anerkannt, dass eine Muskelbewegung, welche wohl secundäre Zuckung aber keinen secundären Tetanus erzeugt, selbst eine einfache Zuckung sein müsse, und als *Foster* nach dem Vorgange *Marey*'s der systolischen Contraktion des Herzens die Möglichkeit eine tetanische zu sein, in einem Handbuche der Physiologie aus diesem Grunde

---

[1]) Wiener Akad. Ber. LXXII. S. 413.

absprach, befand er sich in voller Uebereinstimmung mit der öffentlichen Meinung seiner Wissenschaft. In Fällen, wo der Augenschein an gewöhnlichen Muskeln das Gegentheil gezeigt hatte, wurden Gegengründe gefunden, denn ausser *Harless* hatte schon *du Bois-Reymond* bemerkt, dass der spontan oder reflectorisch entstandene Tetanus oft wenig oder gar nicht secundär tetanisirend wirken, ohne diesem Umstande jedoch die Bedeutung, welche ihn vor dem Ignoriren geschützt haben würde, beizulegen.

Augenblicklich ist das Factum durch *Hering* wohl als gesichert zu betrachten und vor Allem kein Einspruch dagegen zu fürchten, dass man vom natürlich, willkürlich, reflectorisch, physiologisch erregten oder wie man es nennen will, kurz vom vital contrahirten Muskel allerdings secundäre Zuckung, aber keinen secundären Tetanus erhalten könne und dass der vitale Tetanus secundär nur eine oder mehrere Eingangszuckungen, allenfalls auch bei Intermissionen secundäre Zwischenzuckungen liefere. *Morat* und *Toussaint*[1]) gehen soweit, dies für den Charakter des vitalen Tetanus zu erklären, dem durch künstliche Reizung zu genügen noch kein Mittel erfunden sei; aber das ist Vitalismus!

Soviel ich sehe, wird auch der Versuch gemacht, das Fehlen der secundären Wirkung auf Schwäche des primären Tetanus zurückzuführen und es gab wohl Anlass zu dieser Auffassung, wenn man jenes künstlich durch electrischen Reiz zu erzeugenden schwächeren Tetanus gedenkt, von welchem sich nichts übertragen lässt und der Vorstellung folgt, dass die erste Contraktion, womit ein Tetanus beginnt, von einer myoelectrischen Schwankung begleitet sei, die wohl zu einer guten secundären Einzelzuckung hinreiche, während alle weiter folgenden Schwankungen nicht von der Höhe wären, um es der ersten an äusserer Wirkung gleich zu thun. Wie schon erwähnt, ist es mühsam

---

[1]) Archives de Physiol. normale etc. 1877. S. 156.

sich von dem dieser Anschauung widersprechenden Verhalten des Muskels bei gleich kräftigen, einzeln wirkenden und im Effecte zusammenfliessenden Reizen zu überzeugen, ich bin aber selbst durch die Calamität der unsicheren Contakte und durch die Vergänglichkeit der secundären Minimaltetani veranlasst zu lange anderer Meinung gewesen, als jetzt, um nicht mit Bestimmtheit jene Vorstellung ausschliessen zu müssen, deren fast entscheidende Bedeutung ich zugeben würde, wenn nicht die Summation im umgekehrten Sinne ins Gewicht fiele.

Unter den vitalen Tetanusarten kommen solche vor, bei denen der Augenschein gegen die angenommene Schwäche zu deutlich redet, um diese als erklärendes Moment der mangelnden secundären Wirkung bestehen zu lassen. In andern Fällen erweist sich der natürliche Tetanus an der Hubhöhe des sehr mässig belasteten Wadenmuskels gemessen allerdings schwach und so fand ich jeden durch unipolares Tetanisiren der hinteren Rückenmarkswurzeln, sowie der Hinterstränge erzeugten Froschtetanus beschaffen, obwohl derselbe sehr häufig zu secundären Eingangszuckungen nicht versagte, und wenn ich ihn mit gleicher Höhe durch Reizung des durchschnittenen N. ischiadicus künstlich nachahmte, zwar kurze, aber doch deutliche secundär tetanisirende Wirkung enthüllte.

Willkürliche Dauercontraktionen bei Thieren abzufangen wäre ein langweiliges und fast hoffnungsloses Geschäft, wir sind daher auf den Strychnintetanus angewiesen, von welchem *Hering* schon das Unvermögen zu secundärem Tetanus nachwies, ohne eigentlich mit *du Bois-Reymond*'s älteren Beobachtungen in Widerspruch zu gerathen. Beim Frosche wirkt dieser Tetanus so überaus kräftig auf angelegte Nerven, dass es schon *du Bois-Reymond* zuweilen gelang, den Effect durch die Haut hindurch abzuleiten. Wie ich finde, begleitet eine kräftige secundäre Eingangszuckung fast jeden erneuten Anfall des Starrkrampfes, wenn

ich Frösche so lange in eine äusserst verdünnte Strychninlösung setzte, dass sie für viele Stunden und Tage zur Demonstration der gesteigerten Reflexerregbarkeit gut sind und den Schenkelnerven an die Haut auf der Wade der ganz unverletzten Thiere lege. Schwankungen der Haut- und Drüsenströme können hier die Ursache nicht sein, da der Versuch an der Rückenhaut und überall, wo keine grössere Muskelmassen unter der Haut liegen, niemals gelingt, und da an erregende Absonderungen wohl auch nicht zu denken wäre, selbst wenn der Erfolg durch dünne Lagen in Salzwasser getränkten Papiers auf der Haut vereitelt würde, was nicht der Fall ist. Nach diesen Eingangszuckungen kann ich den Strychnintetanus des Frosches nicht aus Schwäche für unfähig zu secundärem Tetanus, wie er es factisch nach Entfernung der Haut noch ist, halten. Ich habe endlich den Versuch auch an der Unterschenkelmuskulatur grosser, kräftiger Kaninchen angestellt und davon wohl Eingangs- und manche Einzelzuckungen des Froschschenkels erzielt, aber wieder keinen Tetanus, obwohl das Kaninchen oft sammt dem Brette, auf welchem es fixirt worden, unter lauten Tönen so heftig vibrirte, dass es wie von einem breiten Schleier umhüllt aussah und das Gestell auf dem Tische umherrutschte. Bestenfalls sah ich den Froschschenkel in diesem Höhestadium sich etwas strecken unter schwach wühlenden Bewegungen im Gastrocnemius, ich glaube aber, dass die letztere Erscheinung, wo sie gesehen wurde, schon zu den unzuverlässigen gehört, weil die Zeit begreiflich fehlte, um die Betheiligung der Erwärmung daran zu controliren.

Ausser den vitalen gibt es künstliche Tetani ohne entsprechende secundäre Effecte[1]), und es wurde solcher beim Sartorius schon gedacht, wo sie mit den ersten Stadien augenschein-

---

[1]) Von *Hering* z. B. gefunden für den *Ritter*'schen Oeffnungstetanus und bei dem *Pflüger*'schen Tetanus durch constante Ströme.

licher Ermüdung zusammenfallen. Verwendet man den minder zarten Gastrocnemius, so stösst man auf dieselbe, freilich später oder nach etwas kräftigerem Reiz auftretende Erscheinung, und hier wird constatirt, was die von *Morat* und *Toussaint* mitgetheilten graphischen Darstellungen auch zeigen, dass der secundäre Tetanus anfängt nachzulassen, stossend zu werden und sogar zu erlöschen, zu einer Zeit, wo die Curve des primären noch glatt ist und sich noch nicht gegen die Abscisse senkt. Ich habe viele solcher Aufzeichnungen vorgenommen und muss die Erscheinung als eine sehr constante bezeichnen. Wie sie unter verschiedenen Belastungen abläuft, bleibt ebenso wie manche andere interessante Einzelheit, deren ich zu viele voraussah, um sie bei dieser Gelegenheit verfolgen zu dürfen, zu untersuchen. Ich habe nur weiter beachtet, dass der primäre Muskel fast unmittelbar nach dem Abbrechen des sec. Tetanus, bei unverändertem Reize seines Nerven zu secundären Einzelzuckungen noch gut ist. *Morat* und *Toussaint* werden die Erscheinungen als ein Ermüdungsphänomen, das sie auch sein dürfte, betrachtet und desshalb für keine Nachahmung des vitalen Tetanus gehalten haben; es kommt darauf nicht viel an, um so weniger, als es künstliche Nervenerregungen gibt, die von vornherein primären, ohne secundären Tetanus hervorrufen. Diese Reizungen sind die chemischen durch NaCl oder Glycerin.

Die Mächtigkeit des Glycerintetanus ist bekannt: ein am Fusse fixirter Froschschenkel richtet sich davon betroffen steil empor, steif wie ein Brett, und wenn man seinen Gastrocnemius, mässig belastet am Krymographion schreiben lässt, so bekommt man eine hohe, ausserordentlich lange parallel zur Abscisse bleibende, glatte Curve, deren Anfang häufig nur mit wenigen, rasch zur maximalen Höhe emporsteigenden Biegungen beginnt. Dieser Tetanus nun erzeugt niemals secundären; je mehr Einzelzuckungen ihm vorangehen, um so mehr secundäre

kräftige gleichartige Zuckungen beginnen nur mit ihm das Spiel; dann bleibt der zweite Schenkel für lange in Ruhe und beginnt erst wieder, sehr kräftig zuweilen, zu zucken, wenn die primäre Curve nach unten gehende Knicke bekommt, also während einzelner Intermissionen der Glycerinwirkung. Dieselben Erscheinungen, die ich darauf nicht weiter graphisch aufnahm, erhielt ich von der entblössten Kaninchenwade nach dem Einhängen des durchschnittenen N. ischiadicus in Glycerin; doch waren die secundären Einzelzuckungen hier häufiger und es traten gelegentlich sogar wühlende Bewegungen in dem secundären Froschmuskel auf. Um die chemische Reizung zu wechseln, habe ich zu einigen Versuchsreihen den Frosch- oder Kaninchenischiadicus auch in concentrirte NaCl-Lösungen getaucht und damit weniger continuirlichen primären Tetanus, beim Frosche auch nicht so hohe Curven erhalten. Dem entsprechend fand ich die secundären Eingangs- und Einzelzuckungen im Allgemeinen häufiger, und kaum schwächer als beim Glycerin; zu secundärem Tetanus kam es ebenfalls nie. Es verdient bemerkt zu werden, dass beide chemischen Reizungen zuweilen nur eine einzige secundäre Eingangszuckung und bis zur Abtödtung der Nerven keine weiteren liefern.

Der NaCl- und der Glycerintetanus stellen eine so grosse mechanische Muskelleistung vor, dass sicherlich nicht Schwäche der Muskelerregung Schuld sein kann an dem Ausbleiben des secundären Tetanus, um so weniger, als ich von den am centraleren Theile eingetauchten Nerven, nachdem dieselben um das verätzte Stück verkürzt worden, durch rhythmisch electrische Reizung Tetani ihrer Gastrocnemien herzustellen vermochte, mit viel geringeren Hubhöhen, die vortrefflichen secundären Tetanus gaben. Es kann also nicht an der Intensität, sondern nur an der örtlichen oder zeitlichen Angriffsweise der chemischen Reizung liegen, dass die darauf indirekt reagirenden Muskeln sich so ganz anders

verhalten. Der Ursache des letzteren Umstandes nachzugehen, schien mir schon desshalb nöthig, weil die wichtige Frage nach dem Wesen der vitalen Muskelcontraktion daran betheiligt ist.

*Harless* hatte von natürlichen oder, wie man sagt, willkürlichen Einzelzuckungen des Frosches secundäre Zuckung erhalten; mir ist dies zwar nicht begegnet, aber ich weiss ein einfaches Mittel, um eine grosse Reihe sehr regelmässiger secundärer Zuckungen von den primären gewöhnlicher Skeletmuskeln zu erhalten, die wenigstens ohne unser direktes Zuthun entstehen. Man enthäute, so weit es geht, einen an der Wurzel abgeschnittenen Eidechsenschwanz und befestige daran den Nerven eines Froschschenkels mit zwei sanften Fadenschlingen. Der losgelassene Schwanz macht jetzt die bekannten rhythmischen Krümmungen und peitschenförmigen Bewegungen in regelmässigem Wechsel von rechts nach links und ebenso regelmässig schlägt der Froschschenkel mit dem Fusse. Wird der Schwanz von oben nach unten fortschreitend verkürzt, so werden seine Bewegungen unregelmässiger, er beginnt sich auf dem Tische um die Längsaxe zu rollen und sich mit dem fortschlagenden Schenkel in der seltsamsten Weise umherzubalgen; endlich reagirt nur noch die Spitze und wenn es gelingt diese schonend zu enthäuten, findet man zuweilen auch die kleinsten Muskelchen noch wirksam gegen den angelegten Nerven, Etwas, das übrigens *Matteucci* schon an den kleineren Muskeln des Froschfusses nach künstlichem Nervenreize bemerkte. Die natürlichen, schnell verlaufenden Contraktionen besitzen also sehr erhebliche secundäre Wirkung.

Die Ursache des Fehlschlagens oder der „Erschwerung“ des secundären Tetanus finde ich zuerst angedeutet bei *du Bois-Reymond.* Er sagt (S. 305—307 der Unters. ü. thier. Electrct. Bd. II. Abth. 2) kurz umschrieben, der willkürliche und der Strychnintetanus seien nicht von der inneren Stetigkeit des durch den electrischen, nach regelmässigen Intervallen dieselben Punkte

eines Nerven immer wieder treffenden Reiz erzeugten, sondern von einem Erzittern begleitet, bei welchem die Zusammenziehungen einer Muskelfasergruppe in die Zeit der Erschlaffung einer anderen fallen könnten. In diesem Falle würden die nach Aussen abzuleitenden electrischen Schwankungen sich zuvor gegenseitig vernichten oder vermindern, so dass der Effect auf den secundären Nerven, welcher andernfalls durch Summirung der Wirkung vieler gleichzeitig erregter Muskelfasern zu Stande komme, ausbleibe. In neuerer Zeit ist dieselbe Anschauung zunächst von *Hering*, später, wie es scheint, ebenfalls nicht ohne Bezug auf die electromotorischen Vorgänge, durch *Brücke* wieder erörtert und von letzterem in der ihm eigenthümlichen, eindringlich anschaulichen Sprache der allgemeinen Aufmerksamkeit besonders empfohlen worden. *Brücke* redet von Nervenreizen, die den Muskel erreichen, wie die Salven oder das Pelotonfeuer den Feind und wenn man sich vorstellen will, dass die motorisch nervösen Centra eine schlecht feuernde Truppe seien, die es nie zu einer vorschriftsmässigen Salve bringt, oder bei der besten Salve den Feind annähernd pelotonartig erreichen muss, weil derselbe in zu verschiedenen Distancen vor ihr steht, so wird man vermuthlich das Richtige treffen, da keine natürliche Contraktion der Effect eines Feindes ist, der dem Muskel zu so salvenmässiger Behandlung auf den Leib rückte, wie wir es bei der künstlichen Reizung thun, wenn wir von gleich entfernten Punkten aller seiner Nerven aus auf ihn feuern. Gewehr und Zündstoff werden an der Sache nichts ändern, und wenn wir im Stande wären, mehr als einmal mit unsern Droguen von derselben Nervenstelle zu schiessen, wie es wirklich zuweilen, aber nur bei der ersten Berührung eines Nervenquerschnittes mit einem energisch erregenden, chemischen Mittel geschieht, so würde die Uebereinstimmung, welche die chemische Reizung am Muskel bis heute mit der vitalen erzielt, ein Ende haben.

Dass die vom chemisch erzeugten Nerventetanus betroffenen Muskeln ebenso zittern und in wühlender Bewegung sind, wie die natürlich erregten, ist ohne Umstände zu sehen, insofern die feucht spiegelnde Oberfläche oft das einzige Mittel dazu bietet und diese Bewegungen, wie die vom Glycerintetanus gezeichneten glatten Curven am besten lehren, häufig keine resultirende für die Länge des Muskels enthalten. Vergegenwärtigt man sich, dass die secundäre Wirkung des Muskels nicht von einer einzigen Muskelfaser ausgeht, sondern immer von Fasergruppen, und dass in jeder solchen Gruppe die Schwankungswellen auch ohne Ordnung nebeneinander verlaufen können, so findet man die Umstände, welche vorzugsweise Vernichtung des äusseren Effectes zur Folge haben werden, da die Abgleichung electrischer Spannungsunterschiede, welche die einzige Ursache aller secundären Erregung ist, nun im Muskel selber von einer Faser zur andern, von jedem negativen Punkte der einen zum weniger negativen oder positiven der benachbarten stattfindet. Es könnte die secundäre Wirkung aber auch, obwohl es nicht geschehen wird, von einer einzigen oberflächlich gelegenen Muskelfaser ausgehen, oder von einer Gruppe, deren Einzelfasern sich sämmtlich in gleicher Phase befinden, was eher möglich ist, wobei dann das Wühlen und Zittern auf ungleichmässiger Bewegung ganzer Gruppen gegeneinander beruhen würde, und es müsste doch die secundäre Wirkung leiden oder schwinden, da es etwas Anderes ist, wenn die der Schwankungswelle theilhaftige direkte streifenförmige Unterlage des secundären Nerven auf einer nur als indifferenten Leiter zu betrachtenden nebenschliessenden Masse liegt, als wenn sie von einem zeitweise mit entgegengesetzten electrischen Spannungen versehenen Gewebe umgeben wird.

Wie die chemische Reizung dazu komme, nur den genannten wühlenden Tetanus hervorzubringen, braucht kaum ausgeführt zu werden: abgesehen von einer ersten einmaligen, gleichzeitigen

Reizung aller am Nervenquerschnitte stehenden Fasern, die bei Verwendung energischerer Mittel, wie des Aetzkalis z. B. eine rasche Totalzuckung des Muskels erzeugt, handelt es sich hier um das sehr unregelmässige, bald diese, bald jene Nervenfaser erfassende Eindringen des Glycerins oder der Salzlösung, von welchem gar keine andere als pelotonartige Wirkungen mit unregelmässig wühlenden Bewegungen am Muskel zu erwarten sind. Es bleibt also nur noch das Verständniss zu finden für das Erlöschen des secundären Tetanus bei der bekannteren rhytmisch, salvenmässiger Reizung. Gewöhnlich erzeugen wir dieselbe auf electrischem Wege, es gibt aber in dem *Heidenhain*'schen mechanischen Verfahren noch ein Mittel, das sich in dem hier interessirenden Punkte nicht davon unterscheidet und durch die gleichen secundären Erfolge beweist, dass die Electricität als Erregungsmittel hier nicht in Betracht kommt. *Du Bois-Reymond* sah den am *Heidenhain*'schen mechanischen Tetanomotor vom Nerven aus erregten Gastrocnemius secundären Tetanus erzeugen, was ausser mir gewiss Mancher bestätigt haben wird. Dass dieser Tetanus bald an secundärer Wirksamkeit verliere, ist leicht zu sehen, und es gibt da gewiss Fälle, wo sich dies ganz und gar aus denselben Gründen ereignet, wie nach intermittirendem electrischen Reize; indess kann man selten darüber ins Klare kommen, Was einer allmählich durch die Anstrengung beförderten Veränderung zuzuschreiben, oder Was von vornherein durch die Unvollkommenheit der Einrichtung bedingt wird. Häufig will es nicht recht glücken den Muskel zu einigermassen constanter Leistung zu bringen; der Tetanus wogt auf und ab, oder die Contraktion ist ersichtlich wühlend. Grade im letzteren Falle vermisst man den secundären Tetanus. Ich habe viele vergebliche Bemühungen gemacht, dieselbe Erscheinung unmittelbar im Beginne einer für secundäre Wirkungen gut ausreichenden electrischen Reizung hervorzurufen, indem ich mittelst der unipolaren Methode die

im Plexus sacralis zerstreuten Fasern für den Gastrocnemius zwar gleichzeitig, aber an verschiedenen Orten zu reizen trachtete, musste jedoch aus vielen Gründen von der Verfolgung des Zieles abstehen. Die kleinen Längendifferenzen, welche der Froschischiadicus nur zur Verfügung stellt während auf zeitliche Unterschiede des Anlangens der Nervenreize am Muskel gerechnet wird, die unter Berücksichtigung des viel langsameren Verlaufes der muskulösen im Vergleiche zu dem der nervösen Schwankungswelle nicht sehr klein sein dürften, setzten die Aussichten solcher Versuche zu tief herab, um besonderen Muth zur Construction der manchen anderen Schwierigkeiten begegnen sollenden Einrichtungen zu gewähren. Ausserdem ist der Versuch vielleicht unnöthig, weil er schon in einem bekannten mit einer unwesentlichen Modification enthalten sein könnte. Ich habe wiederholt bemerkt, dass *Bernstein*'s akustischer Stromunterbrecher bei grosser Reizfrequenz nach der Anfangszuckung, zuweilen wühlenden Tetanus von grosser Kraft, aber geringer oder gar keiner secundärer Wirkung gibt, trotz mehr als kräftiger Reizung, und ich muss es im Sinne *Bernstein*'s für sehr wahrscheinlich halten, dass hier auf Interferenz beruhende Vernichtungen sowohl, wie Verstärkungen einzelner nervöser Erregungswellen ihr Spiel treiben. Die Unvollkommenheit des Platin-Quecksilbercontaktes würde hierbei zu etwas Willkommenen, indem sie gelegentlich so ungeregeltes Nachtreiben der Nervenwellen erzeugte, dass die Fasern des Nervenstammes in der myopolaren Strecke an weit von einander entfernten Punkten, bald hier, bald da ihre wirksamen Maxima empfingen, und dem Muskel das erwünschte Pelotonfeuer zuginge. *Kronecker*'s mit dem Toninductorium erzeugte Tetani höchster Reizfrequenz widerlegen eben an sich das *Bernstein*'sche Phänomen nicht und ich muss um so mehr an der thatsächlichen Existenz desselben festhalten, als ich wiederholt auch den primären Tetanus nach heftiger Anfangszuckung vermisst habe,

während ich die Funken am Contakte absichtlich kräftig und als Zeugen der fortgehenden Stromunterbrechung sichtbar erhielt.

Schliesslich ist hier noch der sich allmählich entwickelnden Uebereinstimmung des secundären Verhaltens aller auf gewöhnliche Weise rhythmisch electrisch und salvenmässig erzeugten Tetani mit den übrigen rythmischen und wühlenden zu gedenken. Dieselbe deutet das erste Stadium der Ermüdung an, welcher vielleicht bereits die Nerven, sicher die Muskeln verfallen. Ein ganzer genügend lange tetanisirter Muskel verfällt der Contraktur und dass diese bis zu einem gewissen Grade entwickelt, bei keiner Art der Muskelerregung irgendwelche secundäre Wirkung erzeugt, wurde soweit gezeigt, dass es keiner besonderen Erklärung mehr bedarf um namentlich den Ausfall des secundären Tetanus von einem Muskel zu verstehen, dessen Tetanuscurve die Veränderung im absteigenden Theile mit voller Deutlichkeit zeigt. Es fragt sich nur, wesshalb der Muskel vor Erreichung dieses Grades aufhört secundär zu wirken, oder wenn man sein Wühlen und Flimmern als nächste Ursache davon schon kennt, worin dieses begründet sei. Hätten wir es nur mit einem jener Kaninchenmuskeln zu thun, welche aus durcheinandergewebten rothen und farblosen Fasern bestehen, so brauchte die Antwort nicht lange gesucht zu werden, nachdem wir uns erst bei diesen über die in Wirklichkeit und im normalen Zustande vorhandene Befähigung zu secundären Wirkungen jeder Art so gut beruhigt hätten, wie am gewöhnlichen Froschmuskel. Die rothen, von vornherein langsamer beweglichen Fasern brauchen nur, bevor sie an die kritische Grenze der Contraktur gelangen, in anderem Tempo Veränderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu erleiden, als die farblosen, um ihre Schwankungswellen mit denen der andern in der Weise interferiren zu lassen, dass an der Oberfläche keine elektrischen Spannungsdifferenzen zur Erregung eines angelegten Nerven mehr übrig bleiben. Ich sehe keinen

Grund beliebige Froschmuskeln anders als dem Grade nach für verschieden von den genannten leicht zu findenden des Kaninchens zu halten, da es offenbar der mehr oder minder verbrauchte oder der wechselnd jugendliche Zustand der einzelnen Muskelfasern ist, welcher Form und Geschwindigkeit ihrer Schwankungswellen ebenso, wie den Gang der Veränderlichkeit dieser nach Anstrengungen bedingt. Alle Froschmuskeln enthalten bekanntlich in vollkommenster Weise durcheinander gemischt, grobe und feine, fettreiche und fettarme, Kerne und Protoplasma in verschiedenster Anordnung und Menge führende Fasern, welchen wir unmöglich vollkommen Gleichheit des wichtigsten physiologischen Verhaltens zutrauen können, nachdem *Soltmann* einmal die Eigenthümlichkeit der jungen Muskeln festgestellt hat. Dazu ist nichts inconstanter und unregelmässiger in der Zeit oder nach den geringsten Eingriffen veränderlicher, als Länge und Laufzeit der Schwankungs- wie der Contraktionswellen, wo die Zahlen von 3—15 mm. für die Länge, von 1—13 m. für das Fortschreiten pro Secunde schwanken. Nach dem Allen scheint es mir ganz unmöglich, dass die an einem Ende parallelfasriger Muskeln erzeugte Schwankungswelle in allen Fasern am anderen mit gleicher Phase anlange und hierin dürfte die Erklärung nicht nur der kräftigen Erregung liegen, welche einem Nerven zu Theil wird, der rechtwinklig über ein starkes Bündel solcher Fasern gelegt ist, sondern vor Allem für die sonst kaum verständliche secundäre Wirksamkeit des regelrechten Querschnittes oder des Ankunftsortes der Wellen vor dem Sehnenansatze. Dass der Sartoriusquerschnitt nach primärer neuromuskulärer Erregung um Vieles kräftiger als nach directer auf den angelegten Nerven wirkt, ist nur eine Folge des gleichen aber verstärkten Grundes, denn hier sind es ausserdem die an sehr verschiedenen Punkten der einzelnen Muskelfasern in der Länge des ganzen Muskels endigenden und anpackenden Nerven, welche dafür sorgen, dass die Schwankungs-

wellen mit starken Phasendifferenzen den Querschnitt erreichen, wo dann der angelegte Nerv wesentlich die Brücke für die Abgleichung der electrischen Spannungsdifferenzen bildet. Hier ist Alles, was wir sehen, vergleichsweise verständlich zu Dem, was uns bisher am klarsten erschienen, verglichen nämlich mit der secundären Zuckung, von der natürlichen Oberfläche jedes Muskels aus, eine Thatsache, die wir nicht eher begreifen werden, als bis uns die Entstehungspunkte der normalen Muskelwellen und deren Fortschreiten in den einzelnen Muskelfasern genau bekannt sein werden.

#### 4. Secundäre Unwirksamkeit der Muskeln im Leben.

Wer es gesehen hat, wie ein mit Strychnin vergifteter Frosch bei jedem neuen Ansatze des Starrkrampfes eine Anzahl Froschschenkel, deren Nerven auf die Haut seiner Schenkel gelegt werden, in je eine neue Zuckung versetzt, muss sich fragen, wie die electrischen Muskelschläge es anfangen, keinen bemerkbaren Schaden im Innern ihres Besitzers anzurichten und wie überhaupt geordnete Innervation zwischen lauter electrisch schlagenden Muskeln möglich sei. Denkt man sich einen Blutegel, von dem es bekannt ist, dass er von einer auf die Mitte einer grösseren Kupfermünze gelegten Silbermünze, schwer herunterkommt, weil er vor dem kleinen electrischen Schlage, den er bei jedem Versuche dazu erhält, zurückweicht, an die zuckende Wade des Frosches gesetzt, so würde demselben der Frosch etwa so widerwärtig werden, wie diesem ein electrischer Fisch, und beide könnten, mit menschlicher Intelligenz begabt, die gleichen Speculationen anstellen über Immunität. Indess ist es fraglich, ob Frösche und andere Geschöpfe im völlig normalen Zustande zu so kräftig secundär wirkenden Einzelzuckungen oder zu ebenso, wie beim Strychninkrampfe einsetzenden tetanischen Contraktionen überhaupt fähig seien, während es andrerseits gewiss ist,

dass sie mit der natürlichen dauernden Muskelthätigkeit, welcher das Vermögen zu secundärem Tetanus, wie wir sahen, ganz abgeht, weder sich noch anderen Schaden zufügen können. Für die experimentelle Physiologie dagegen ist es eine ebenso ungelöste als gern umgangene Frage, warum im Allgemeinen so wenig Rücksicht zu nehmen sei auf Mitbewegungen und Miterregungen von Muskeln und Nerven, die, wenn sie stattfänden, zahlreiche und wichtige Versuche unmöglich machen würden, und eine um so näher liegende Frage, als wir uns durchgehends solcher Reizungen bedienen, die zu secundären Effecten besonders geeignet sind. *Matteucci*[1]) scheint dies vorgeschwebt zu haben, als er darauf hinwies, wie der Einfluss des Muskels auf den Nerven auch sensible Erregungen bedingen könne; was er an Thatsächlichem hinzufügte, trifft die natürlichen Verhältnisse freilich nicht und scheint überdies nicht richtig zu sein. Ich habe mich vergeblich bemüht die beiden von *Matteucci* angeführten Versuche, nach welchen contrahirte Muskeln auf periphere Nerven wirkend, Reflexbewegungen erzeugen sollen, mit gleichem Erfolge anzustellen. Einer jener Versuche besteht darin, den zuckenden Oberschenkel unter den Plexus sacralis eines andern ausgeweideten und enthäuteten Frosches zu schieben, der andere in partieller Durchschneidung der Stämme des Plexus und Reizung der peripheren Antheile bei erhaltenem Rückenmarke. Nach *Matteucci*'s Abbildungen war das Hirn der Frösche nicht zerstört. Ich habe die Versuche vor und nach dem Wegschneiden des Kopfes angestellt, doch stets mit negativem Erfolge und muss mich für das Fehlschlagen meiner Bemühungen auf die bekannte, wiederholt dabei bestätigte Erfahrung berufen, dass die peripheren Abschnitte sämmtlicher vorderen Wurzeln, bei intakten hinteren Wurzeln des Rückenmarkes, am Frosche niemals Spuren „rückläufiger

---

[1]) Ann. d. Chim. et Phys. 1846. T. XVII. p. 124. 125. 138. Pl. II.

Empfindlichkeit“ erkennen lassen, was viel beweisender ist, als *Matteucci*'s ganz uncontrolirbare, jede Bezeichnung der Antheile des Plexus gemischter Nerven, welche man durchschneiden und reizen solle, vermeidende Angabe. Natürlich kann ich nicht bestimmt sagen, ob *Matteucci* sich geirrt habe, da die Erregbarkeitsgrade sowohl der Nerven wie der Centra in Frage kommen, die bei Pisaner Fröschen grösser sein können, als bei Heidelbergern. Da ich gute Gründe hatte, mich auf die heikle Frage ob von Muskeln mittelst ihrer sensiblen Nerven Reflexzuckungen zu erhalten seien, nicht einzulassen, habe ich auch keine Versuche gemacht die Reflexerregbarkeit unserer Frösche durch die hier noch heiklere Methode der Strychninvergiftung zu verbessern.

Auf ein vom myoelectrischen Schlage herrührendes Phänomen hat kürzlich *Hering* aufmerksam gemacht: er sah die von *Schiff* zuerst bemerkten und bis dahin unaufgeklärten, mit dem Herzschlage zusammentreffenden Zuckungen des Zwerchfells der Katze bedingt von der Berührung des N. phrenicus mit dem schlagenden Herzen, gewiss ein vortrefflicher Fall, Vorsicht vor secundären Muskelwirkungen zu lehren. Ausser diesem wüsste ich indess keinen anzuführen, sondern nur Thatsachen geltend zu machen, welche umgekehrt das Ausbleiben secundärer Zuckungen unter Umständen darthun, wo man dieselben hätte erwarten können. Ich will nur vorläufig an eine schon bekannte darunter erinnern, nämlich an die Möglichkeit fibrillärer oder auf einzelne scharf begrenzte Bündel beschränkter Contraktionen im Sartorius nach künstlichem directen, wie indirectem localisirten Reize, bei welchem nicht Schwäche der Erregung die Indolenz benachbarter interlemmaler Nerven und die Localisation der Zuckungen erklärt. Man sieht die fibrillären Bewegungen, wie schon erwähnt, häufig auftreten während unipolaren Abtastens des Plexus sacralis und nicht selten so localisirt, dass z. B. die innere Hälfte

des Sartorius allein und energisch genug zuckt, um einen mit dem Nerven darauf gelegten Schenkel zu secundären Zuckungen zu veranlassen, während die äussere Seite ganz in Ruhe und natürlich unfähig zu secundärer Wirkung bleibt. In diesem Falle bleiben interlemmale, zur äusseren Hälfte des Muskelbandes erweislich durch die innere, contrahirte Hälfte ziehende Nervenfasern von jeder secundären Wirkung verschont, es liegt hier also derselbe Fall vor, wie in dem ehemals von mir angegebenen sog. „Zweizipfelversuche", nur mit der Abänderung, dass die primären Zuckungen durch indirecte Reizung hervorgerufen werden, ein Verfahren, das den Vortheil hat, sicher primäre Maximalcontraktionen zu erzielen und daher die vollkommene Unmöglichkeit innerer secundärer Wirkungen eines Muskels auf die von ihm eingeschlossenen Nerven beweist. Ich habe wiederholt mit der gewöhnlichen und mit der unipolaren Methode versucht, den inneren oder den äusseren Zipfel des am breiten Ende bis zur Zone der letzten Nervenendigungen gespaltenen Sartorius einhälftig und localisirt electrisch zu reizen, ohne eher Zuckungen auf der nicht erregten Hälfte erzielen zu können, als bis Stromschleifen die auf der erregten Seite gelegenen Nervengabeln erreicht hatten, was sehr gut mittelst angelegter secundärer Nerven zu controliren war, welche in entsprechender Entfernung vor die Electroden gelegt, schon anfingen erregt zu werden, als die in meiner Gewalt befindliche Reizung nur die Höhe erreicht hatte, um secundäre Zuckung von weiter zum Hilus gelegenen Regionen der direct gereizten Muskelhälfte noch garnicht aufkommen zu lassen.

Am Gastrocnemius bringt es die unipolare Reizung einzelner Punkte des Plexus sacralis ebenfalls dahin, den Muskel nach Belieben in die verschrobensten Formen zu versetzen, der Art, dass von zwei seiner inneren und äusseren Seite, oder der oberen und unteren Fläche angelegten secundären Präparaten immer nur eins

mitzuckt; die Nervatur dieses Muskels ist jedoch weniger übersichtlich, als die des Sartorius, so dass der Beweis des Ausbleibens secundärer Erregungen an interlemmalen, wirklich neben oder über contrahirte Muskelfasern verlaufenden Nervenästchen hier nicht mit gleicher Sicherheit zu führen ist.

Als Grund der sich offenbarenden Indolenz im Muskel befindlicher Nerven gegen die Schwankungswelle der sie umgebenden Muskelfasern habe ich früher im Anschlusse an *Pflüger*'s und *Heidenhain*'s Beobachtungen über die Abnahme der nervösen Erregbarkeit mit der Annäherung an die Peripherie, oder mit der Verkürzung der myopolaren Strecke vermuthet, die interlemmalen Nerven entbehrten der nöthigen electrischen Erregbarkeit und, wie ich finde, entbehrte diese Auffassung auch der Zustimmung nicht. Augenblicklich ist indess schwer ersichtlich, wie viel von jenem Gesetze der peripheren Erregbarkeitsabnahme nach *v. Fleischl*'s [1]) Untersuchungen bestehen bleiben wird und wird es nicht unwahrscheinlich, dass dasselbe nur für gewisse Stromrichtungen gilt, oder dass nur gewisse Punkte in der Bahn des Froschischiadicus durch abweichende Erregbarkeit ausgezeichnet sind; Das aber bleibt ersichtlich, dass ein mit seinen Enden zwischen Electroden gebrachter Sartorius zum Zucken immer erheblich schwächerer Reizung bedarf, wenn ihm ein Stück seines Nerven belassen und der Länge nach auf die Fläche gelegt ist, als wenn man den Nerven knapp am Hilus abschneidet. Ein gewisses Recht, die in den Muskel eingetretenen Nervenfasern für schwächer erregbar zu halten, ist daher immer noch vorhanden, aber es ist mir sehr zweifelhaft geworden, ob dies genüge, die innere secundäre Unwirksamkeit des Muskels verständlich zu machen, seit ich zu meinem Erstaunen sah, dass kein Muskel seinen eigenen extramuskularen Nervenstamm secundär zu erregen vermag. Am Sartorius bot sich zu dem

---

[1]) Wien. Acad. Ber. LXXII. 9. Dec.

Versuche gleich Gelegenheit: ich überzeugte mich zuerst, dass dieser Muskel in irgend einer Weise am Querschnitte benetzt, direct oder indirect erregt, den Nerven seines Gefährten am anderen Beine recht gut secundär erregt, und dass es dazu durchaus nicht des etwas umständlich mit zu präparirenden höchsten Ursprunges der Sartoriusnerven, sondern nur des bis kaum zum Abgange vom N. ischiadicus reichenden zarten Fädchens bedarf. Um so mehr hatte ich erwartet, den Muskel im Zweizipfelversuche in ganzer Breite zucken zu sehen, wenn ich ihm sein Nervenstämmchen liess und dieses in günstigster Weise auf die direct zum Zucken gebrachten Hälfte lagerte; aber ich habe die Zuckung sich darnach niemals auf die Seite des anderen Zipfels ausbreiten gesehen und glaube um so weniger jedesmal das Unglück gehabt zu haben, die Erregbarkeit des Nerven zu wenig zu schonen, da ich gern selber Misstrauen in einen thatsächlichen Befund setzte, der so wenig verständlich war.

Wie man sieht verlangt das befolgte Verfahren noch keineswegs eine erregende Wirkung der direct gereizten Muskel**faser** auf ihren eigenen Nerven, da die beiden Sartoriushälften auch als zwei getrennte Muskeln gelten können, so weit es sich nämlich nicht um getheilte, in beiden Hälften endende, aber ohne Zweifel die Minderzahl bildende Nervenfasern handelte, die übrigens kaum Etwas zur Aufklärung der Sache beitragen dürften. Will man wissen, ob die Muskelfaser wirklich fähig sei, die ihr zugehörige Nervenfaser irgendwo im Stamme mittelst der myoelectrischen Schwankung zu erregen, so scheint mir nichts übrig zu bleiben, als die auf gewöhnliche Weise erhaltenen Zuckungen mit denen zu vergleichen, welche nach möglichst ausgedehnter Anlage des zum Muskel herabgebogenen Nerven entstehen. Am Sartorius, wo der Versuch mit directer Reizung ausführbar wäre, habe ich denselben wegen einiger bisher nicht überwundener Schwierigkeiten noch nicht angestellt, aber ich habe mich am

Gastrocnemius überzeugt, dass die auf indirecte Reizung erfolgenden Zuckungen nicht verändert werden durch Anlegen des N. ischiadicus an den Muskel. Natürlich waren höchstens Verstärkungen der Zuckung durch Summation untermaximaler Reize zu erwarten, da die secundäre Wirkung in das Latenzstadium fällt, das nach *Helmholtz* nur jene Verstärkung und weder eine zweite Zuckung noch Superposition zulässt. Um mich zunächst von der secundären Wirksamkeit des Muskels zu überzeugen, befestigte ich denselben neben dem des andern Beines am Doppelmyographion und legte ihm den Nerven des letzteren, seinem eigenen genau folgend, in möglichster Ausdehnung an, während der Reiz gewöhnlich hoch oben am Plex. sacr., in einigen Versuchsreihen übrigens auch, um Nichts zu übergehen, in der Kniekehle angebracht wurde. Da es nur sehr schwacher Inductionsschläge zur Reizung bedurfte, war ich vor parodoxen und unipolaren Wirkungen, wie besondere Prüfungen vorher ergaben, vollkommen gesichert. In den Vorversuchen zeigte sich vor Allem, dass von den beiden gleich belasteten Gastrocnemien der nur secundär erregte zwar, wie bekannt, bei den schwächsten Zuckungen des primären nicht reagirte, aber nach geringer Erhöhung des Reizes und der Zuckung am primären garnicht selten stärker zuckte, als dieser, und bei untermaximalen Contraktionen des ersteren leicht so stark zu erregen war, dass sich dieselbe Erregung in dessen Curve als Zuwachs sicher verrathen hätte, wenn sie wirksam geworden wäre. Mehrere Reihen sehr zahlreicher Versuche, bei welchen der Nerv abwechselnd von einem Glasstäbchen durch die Luft gehoben oder dem Muskel in günstigster Weise angeschmiegt wurde, ergaben so viele congruente oder kaum verschiedene Curven, dass ich nicht an autosecundäre Wirkung zu glauben vermag. Ich habe die Zuckungen mit den schwächsten zulässigen Belastungen, je nach der Grösse der Muskeln, von 2 bis 5 und 10 grm. angestellt und ausser den

erwähnten unveränderten Curven bei gleich bleibendem Reize schwächere und stärkere Zuckungen, im einen wie im andern Sinne bezüglich der Betheiligung etwaiger secundärer Wirkung erhalten, kurz nur die bekannten häufig unregelmässigen Effecte schwacher Nervenreizung erzielt, die sich besonders in jenem merkwürdigen allmählichen Ansprechen des Präparates darzustellen pflegen.

So viel mir bekannt ist, enthält die Literatur nur eine Angabe von *du Bois-Reymond*, bei welcher die Möglichkeit autosecundärer Muskelzuckung erwähnt oder vermuthungsweise ausgesprochen[1]) worden; der dort beschriebene Versuch ist jedoch auch ohne jene Annahme vollkommen verständlich.

Wenn der Muskel mittelst seiner electrischen Wirkung die Erregung des eigenen Nerven nicht hervorzubringen, zu verstärken oder zu modificiren vermag, so kann noch gefragt werden, ob er es thun würde, wenn die auf ihn zurückgeneigte Nervenstrecke so weit von ihrem peripherischen Ende entfernt wäre, dass der Nervenkreis die zweite Erregung erst nach dem Latenzstadium zum Ziele gelangen liesse. Hierzu wäre ein etwa 30 Ctm. langer Nerv erforderlich, den uns die Natur an geeigneten Thieren schwerlich in Aussicht stellt. Wenn man das Experiment indess durch eine Reihe von Auslösungsorganen compliciren mag, so ist es auch mit Froschnerven möglich, indem man eine in sich zurückkehrende Kette von Schenkeln herstellt und ich habe es mir nicht versagen mögen den Versuch mit sehr erregbaren, im März frisch eingefangenen, grossen Fröschen anzustellen. Wirklich gelang es mit diesen die Zuckungen höherer Ordnung zuweilen bis zum neunten Präparate fortschreiten zu sehen, gewöhnlich jedoch nur bis zum sechsten, aber ich habe in keinem Falle, nach Ausschaltung des letzten, dessen Zuckung gerade die ungenügende sein musste, mehr als eine Zuckung

---

[1]) Untersuchungen ü. thier. Electrict. Bd II. S. 119.

umlaufen gesehen, nachdem einer der Nerven nur einmal gereizt worden. Da die Frösche sehr kalt waren und in einem kalten Raume experimentirt wurde, so zweifle ich nicht, dass trotz des durch das Anlegen auf die Gastrocnemien bewirkten Verlustes an Nervenlänge häufig hinreichend ausgedehnte Nervenstrecken von der Erregung durchlaufen wurden, um die Actionsströme des letzten Muskels an den Nerven des ersten nach beendigtem Latenzstadium desselben gelangen zu lassen.

---

Wie gut im Allgemeinen Gruppen ganzer Muskeln von der Theilnahme an der Erregung auszuschliessen sind, wenn man die zu ihnen vom Nervenstamme abgehenden Nerven durchschneidet, ist sehr bekannt: man pflegt den ganzen N. ischiadicus des Frosches dicht unterhalb des Abganges der Oberschenkeläste zu durchschneiden, wenn auf Reizung des Plexus sacralis nur die Oberschenkelmuskeln und keine der Wade oder des Fusses reagiren sollen. *Du Bois-Reymond* bemerkt mehrfach, man brauche dabei auch nicht ängstlich vor Stromschleifen zu sein, welche etwa die unter dem Schnitte gelegene Fortsetzung des Schenkelnerven erreichten, denn man sehe den Unterschenkel noch bei den kräftigsten, nicht unnöthig und unvernünftig gesteigerten Reizen in Ruhe bleiben. Dies schliesst die secundäre Erregung des zwischen lauter contrahirten Oberschenkelmuskeln eingebetteten Unterschenkelnerven schon aus: es ist also bekannt, dass unter Umständen secundäre Erregung extramuskulärer Nerven in situ, auch durch ihnen fremde Muskeln nicht zu Stande kommt, und es liegt nahe, dies von der allseitigen Einhüllung des Nervenstranges in Muskelfleisch von grossem Querschnitte, das eine gute Nebenschliessung bilde, herrühren zu lassen. Indess ist Das, was hier die Nebenschliessung bildet, zugleich das electromotorisch wirksame, also ein Dämpfer von sehr zweifelhaftem Werthe, und, wie sich zeigen lässt, unter anderen Umständen sogar das

beste Mittel zu secundärer Erregung. Man versuche es nur, den Nerven eines Froschschenkels in den ausgebeinten Oberschenkel einzupacken und den letzteren vom Plex. sacralis aus zucken zu lassen, um ähnlich gesteigerte secundäre Effecte zu erhalten, wie wenn man einen Nerven, statt der blossen An- oder Auflage auf einen Sartorius, zwischen zweien einwalzt oder sanft einbindet. Andererseits dürfte es bekannt sein, wie wenig eine nach Art thierischer Gewebe Stromwiderstände bereitende indifferente Nebenschliessung gegen die secundäre Erregung vermag, denn so gut *du Bois-Reymond* andere Muskeln durch einen zwischengelegten, ruhenden Sartorius hindurch auf den übergelegten Nerven wirken sah, ebenso fand ich die Wirkung noch an Schenkeln, deren Nerv auf einem 1 Ctm. breiten, den ganzen Gastrocnemius bedeckenden Polster von 16 Lagen starken, in Salzwasser getränkten Fliesspapiers lag, und wenn ich das primäre, mit dem secundären Nerven versehene Präparat allseitig mit den dazu sehr geeigneten Eingeweiden eines Froschweibchens, deren Masse die eines Oberschenkels weit übertraf, allseitig gut anschmiegend umhüllte, sah ich es noch vortreffliche secundäre Zuckungen ausführen. Einen in Salzwasser getauchten Schenkel oder Gastrocnemius wie einen electrischen Fisch im Meerwasser wirken zu sehen, glückte freilich nicht, vermuthlich weil der secundäre Nerv sich ohne schädlichen Druck nicht so befestigen liess, dass er nicht am Muskel mehr flottirte als anlag.

Unter Umständen, sagte ich, bleibe die secundäre Erregung in situ befindlicher Nerven aus, denn es giebt auch Verhältnisse, unter welchen sie trotz Einhüllung der Stämme in die denselben zukommende muskulöse Nachbarschaft erfolgt, wenn diese zuckt oder tetanisch wird. Man braucht nur den mit einem Hautschlitze versehenen Oberschenkel bis zur Aufdeckung des N. ischiadicus auseinander zu zerren und den Schnitt unter dem Abgange der Oberschenkeläste zu führen, um doch ziemlich häufig secundäre Erscheinungen

im Unterschenkel zu bekommen, sobald der Plexus sacralis kräftig, jedoch in einer unipolare Störungen oder wirksame Stromschleifen ausschliessenden Weise gereizt wird. Gewöhnlich werden die Bewegungen des Unterschenkels um so schwächer, je besser die Wunde wieder verschlossen wird und es kommt vor, dass sie gerade mit dem Anlegen einer letzten Hautnath an einer kleinen aber noch klaffenden Stelle ganz verschwinden; ich habe sie zuweilen aber auch unter diesen Umständen, obschon schwach, noch anhaltend gefunden, und es liegt dies wahrscheinlich daran, dass man es mit einem durch den Schnitt mit zeitweise erhöhter, also mit abnormer Erregbarkeit versehenen Nerven zu thun hat, wofür die Inconstanz und das baldige Wiederschwinden der Erscheinung sprachen. Um von den Einflüssen der Durchscheidung unabhängig zu sein, und um die Zuckungen im Unterschenkel, dessen passive Bewegungen höchst störend sind, besser bemerken zu können, nahm ich den unteren Abschnitt des Schenkelnerven ganz aus der Wunde und nähte an seine Stelle den des andern Beines, so gut es ging, mit der entsprechenden Strecke ein, während ich diesen undurchschnitten, mit einem nicht reflectorisch wirkenden Theile des Rückenmarks noch verbunden, zwischen den Näthen herausragen liess; so habe ich niemals den dem Oberschenkel fremden Unterschenkel bei den stärksten einfachen oder tetanischen Contraktionen zucken gesehen, es sei denn dass die Controle eine der lästigen Einmischungen ergab, mit welchen die stärkeren electrischen Reize nun einmal unvermeidlich behaftet sind.

Die genannte secundäre Unwirksamkeit rührt augenscheinlich von irgend einer den Bedürfnissen wohl geregelter Muskel- und Nerventhätigkeit zusagenden Anordnung her, welche in Wahrheit weit mehr leistet, als die natürlichen Verhältnisse erfordern. Es bleibe dahin gestellt, ob sogenannte willkürliche, vollkommen normale Einzelzuckungen unter den günstigsten Ableitungsbedingungen auf fremde Prüfschenkel wirken, oder ob ohne Strychnin-

vergiftung und ähnliche Eingriffe im völlig unangetasteten Lebenszustande vorkommende Dauercontraktionen jemals secundäre Einzelzuckungen erzeugen, und nur die Möglichkeit dazu offen erhalten, so weisen die soeben gemachten Erfahrungen auf erstaunlich zweckmässige Einrichtungen, die selbst den Zufällen salvenmässig an der Muskulatur anlangender Reizungen begegnen. Wie wenig es gegenwärtig nachweisbar sein mag, so wird man doch kaum umhin können, den Schutz in situ befindlicher Nerven vor der anscheinend gefährlichen Nachbarschaft der Muskeln, zwischen welchen sie verlaufen, in Eigenthümlichkeiten dieser zu suchen, welche denselben nicht erlauben anders nebeneinander thätig zu werden, als in einer die Abgleichung der myoelectrischen Spannungen durch die Gegend des Nervenverlaufes verhindernden Weise, und diese letztere scheint mir nur auf das Princip der Interferenz oder des Ausschlusses summirter Wirkung der Schwankungswellen zurückführbar, das durch die Beschaffenheit und den Faserlauf der in Nervennähe gegen einander gewendeten Muskelflächen in Verwendung gebracht wird. Es wird schwer fallen dies in Einzelnen aufzudecken und zu analysiren, aber es giebt Erfahrungen, welche dafür sprechen, dass die Einrichtung gänzlich ungeregelten und nicht in natürlicher Weise associirten Muskelcontraktionen in der Umgebung s e n s i b l e r Nerven nicht gewachsen ist. Gelegentlich stellt irgend eine Störung das Experiment an uns selber an, denn Wer wüsste nicht, mit welcher Intensität wir ungewollte, abnorme Muskelbewegungen empfinden? Wer jemals an sich selber Muskeln durch electrischen Reiz zur Contraktion bringen liess, weiss auf einmal aus der Empfindung Etwas von solchen Muskeln, über die er sich bis dahin in angenehmer Unkenntniss befunden, und wenn uns irgend ein kleiner, gewöhnlich nur in Gesellschaft benachbarter, thätiger Muskel in Zittern geräth, so haben wir davon so eigenthümlich reissende und so ganz neue, aus mangelnder Erfahrung kaum zu localisirende

Empfindungen, dass wohl an ungewöhnliche, myoelectrische Erregung sensibler Fasern, die dem Muskel entweder selber angehören oder in seiner Wirkungssphäre verlaufen, zu denken ist.

Nichts scheint näher zu liegen, als die geregelte Verschiebung der Schwankungswellen in den einzelnen Muskelfasern, welche äussere secundäre Unwirksamkeit bedingt, zum grössten Theile in der Anordnung der peripheren nervösen Erregungspunkte oder in der Lage der Nervenendigungen an der Faser, und in der Verschiebung dieser Orte von Faser zu Faser zu suchen. Die vorerwähnten Fälle der Unwirksamkeit am direct, gänzlich abnorm, in allen Fasern auf gleicher Höhe erregten Sartorius, lehren indess, dass dies allein die Ursache nicht sei, sondern dass der Schutz natürlich verlaufender Nervenfasern vor dem Muskelschlage von der Natur in vielfacher Weise erreicht werde.

### 5. Giebt es secundäre Wirkungen vom Muskel zum Muskel?

Der Muskel wird seit *Rosenthal*'s bekannten Versuchen vergleichsweise zum Nerven für so wenig electrisch erregbar gehalten, dass *Hering*'s Erklärung der Muskelreizung bei Querschnittsbenetzung schon aus diesem Grunde überraschen musste. Da wir nun aber wissen, dass Schliessung oder Erzeugung des eigenen Stromes den Muskel erregen, war von Neuem zu versuchen, ob nicht die Erregungsschwankung dieses Stromes ebenso auf ihn wirke. Wird eine Nebenschliessung an den mit einem Querschnitte versehenen Muskel gelegt, so heisst dies bezüglich des ihn jetzt vom Querschnitte zum Ableitungsorte an der Oberfläche, durchkreisenden Stromes, wie *Helmholtz* zeigte, Dasselbe, wie wenn der Strom an einem beliebigen Punkte des Kreises, also auch ausserhalb des Gewebes entstanden wäre; dieser Strom ist dem Muskel vom Augenblicke der Schliessung an in derselben Weise etwas Neues, wie der durch eine Säule gehende, nachdem sie geschlossen worden, darin einen neuen Vorgang darstellt.

Es handelt sich also beim Anlegen des leitenden Bogens oder bei der Rand- und Querschnittsbenetzung um sog. positive Schwankung, beim Oeffnen des Kreises um negative. Auf die erstere reagirt der Muskel, auf die letztere nicht, was einen neuen Grund für die Annahme enthält, dass, wenigstens im stromgebenden Muskel, nicht der Anfang der Erregungswelle, welcher negative Schwankung darstellt, sondern das im Sinne positiver zu nehmende Ende der Welle für ihn selber der entscheidende Abschnitt sei. Liegt in dieser Schwankung überhaupt, wie es *Bernstein* annimmt, die Quelle seiner Erregung, so ist die Uebertragbarkeit des Vorganges mit gleichem Erfolge auf einen andern Muskel nicht ausgeschlossen. Ich habe mich indess ebenso vergeblich, wie Andere vor mir, bemüht, von auf Nerven wirksamsten primären Präparaten des Gastrocnemius, der Oberschenkelmuskulatur oder des Sartorius Effecte auf andere kleinere Muskeln oder auf Sartorien zu erzielen; ich mochte diese direct anlegen oder ihnen die electrische Schwankung der anderen zuleiten, wie ich wollte, es wurde niemals an normalen oder curaresirten Präparaten eine Spur von Contraktionen wahrgenommen; auch das schmalste, noch gut erregbare Bündel abgespaltener Sartoriusfasern blieb völlig ruhig, gleichviel ob es zum Erregungsobjecte indirect oder direct gereizter Muskeln angeordnet wurde.

Anderes konnte übrigens kaum vorausgesetzt werden, da ja sehr kräftige fibrilläre Zuckungen im Muskel künstlich zu erzeugen sind, bei denen Muskelfasern in der für secundäre Wirkung auf Nerven günstigsten Weise glatt nebeneinander verlaufend, ebenfalls nicht aufeinander erregend wirken. Ausserdem lässt sich zeigen, dass auch viele contrahirte Fasern zusammen wenige anliegende oder zwischengelagerte in Ruhe lassen, da dies schon aus dem Ansehen und der secundären Unwirksamkeit eines Bündelchens von Nervendicke hervorgeht, das in einem Sartorius auftritt, der von seinem, mit einer schmalen,

durch Einschneiden oder Kneifen erzeugten Lücke versehenen Querschnitte gereizt wird. Es giebt also bei dieser Zuordnung der Fasern keine secundäre Wirkung grösserer Muskelmassen auf kleinere. Eine andere Frage wäre es, ob Fasern, welche zwischen Gruppen mit ungleichem Verlaufe der Schwankungswellen als Leitungsbrücken des Ausgleiches electrischer Spannungen dieser liegen, in Erregung gerathen, aber auch Das scheint nicht stattzufinden, da nichts von Miterregung am Querschnitte unerregt gelassener Fasern zu sehen war, in stark durch ihre ganz übrige Masse erregten Muskeln, welchen durch mehrmaliges Tetanisiren oder vorübergehende Dehnung das Vermögen zur Wirkung auf äusserlich angelegte Nerven genommen worden und deren Irritabilität kaum benachtheiligt schien. Weitere Bestrebungen secundäre Wirkung von einem Muskel auf den andern zu erhalten, hatten also nur Sinn, wenn man die natürliche Anordnung möglichst verliess, und in dieser Hinsicht glaube ich nichts gespart zu haben an künstlichen Anordnungen, die nur irgend zur Uebertragung möglichst grosser electrischer Differenzen von primärem Muskel auf den secundären führen konnten; es blieb indess Alles vergeblich mit Ausnahme eines Verfahrens, bei welchem freilich kein Skelettmuskel, sondern das Herz den Erreger darstellte.

Die kräftige secundäre Zuckung des Froschschenkels von einem Kaninchenherzen aus, welche *Kölliker* und *H. Müller* entdeckten, ist unstreitig eine der schönsten Erscheinungen der experimentellen Physiologie und bezüglich der electrischen Wirkung unverletzter Muskeln im Sinne der *Hermann*'schen Lehre von den thierischen Actionsströmen fast von derselben Bedeutung, wie *du Bois-Reymond*'s Beobachtung der secundären Zuckung vom behäuteten Schenkel unverletzter Strychninfrösche. *Donders*[1]) hat bereits auf die Wichtigkeit der Versuche mit dem thierischen

---

[1]) Onderzoek. g. i. h. Physiol. Lab. t. Utrecht. III. R. I. S. 246 u. 256.

Rheoskope am Herzen für die Frage der Präexistenz des Muskelstromes hingewiesen, man kann aber aus seinen sehr reservirten Schlussfolgerungen nicht entnehmen, in welchem Sinne er seine Beobachtungen auffasste, obwohl er die Zuckungen des Froschschenkels beim Auffallen des Nerven auf den Herzbeutel in den Herzpausen und während des Vagusstillstandes unbedenklich für den Effect des Herzmuskelstromes, also wohl eines präexistenten Ruhestromes hält. Hier dürfte indess einer der Fälle vorliegen, die *Hering* bei seiner Bemerkung im Auge hatte, dass die Zuckung ohne Metalle oder die Selbsterregung thierischer Theile durch Schluss des eigenen Stromes viel häufiger, als gewöhnlich geschehe, zu beachten sei, denn der Beweis, dass das ruhende Herz den Nerven errege, findet sich bei *Donders* nicht, während es zweifellos ist, dass ein auf den Herzbeutel fallender Nerv, gerade so wie es *Donders* fand, aber durch seinen eigenen Strom erregt wird, wenn gar kein Herz darin ist. In derselben Weise kann natürlich auch ein angeschnittener Muskel sowohl vom Herzbeutel, wie von dem entblössten ruhenden Herzen erregt werden und nichts als die von *Hering* für den Muskel gefundene Zuckung ohne Metalle liefern, ohne dass gerade ein Herzmuskelstrom daran betheiligt zu sein braucht; am bewegten Herzen ist ferner zu beachten, dass ein aufgelegter Muskel durch blosses Verschieben und Gleiten zu Zuckungen gelangen kann, wenn ihn die bewegliche Unterlage plötzlich von neuen Punkten ableitet.

Ausgeschnittene Herzen von Kaninchen sind bekanntlich fast so lange, als sie selbstständig oder auf Anstoss leidlich fortschlagen, noch höchst geeignet zur Erregung des Froschnerven, und zuweilen glückt es auch mit dem Froschherzen den Schenkel zum Schlagen zu bringen. Zu meinem Erstaunen sah ich daher das mit Recht zu Herzversuchen so bevorzugte Schildkrötenherz, wie es bereits erwähnt wurde, sehr wenig wirksam und das Herz

einer grossen Testudo græca, mit welchem ich den ersten Versuch anstellte, vollkommen unwirksam gegen sehr erregbare Froschnerven. In der Voraussetzung, dass der zeitliche Verlauf der Actionsströme vielleicht die Ursache der Unwirksamkeit des übrigens ausserordentlich kräftig schlagenden Herzens sei, und sich seiner Langsamkeit wegen möglicher Weise gerade sehr eignen könne, statt Nerven, Muskeln zu erregen, belegte ich den entblössten Ventrikel mit einem unverletzten Curaresartorius; derselbe begann wirklich sofort, ersichtlich vor jedem Schlage, mit einer kräftigen Contraktion zu reagiren. Alle späteren Versuche wurden mit Herzen von Emys angestellt, die zwar bedeutend kleiner waren, aber kaum schwächer und sämmtlich nach dem Ausscheiden auf einem Tiegeldeckel von Porzellan gelegt noch auf Muskeln wirkten, wenn Nerven davon bei keiner Anlegungsweise mehr erregt wurden.

Zur Wiederholung des Versuches empfehle ich den Sartorius wie gewöhnlich an der spitzen Sehne mit einer Elfenbeinklemme aufzuhängen und mit einer unteren 3—5 mm. langen Strecke so auf den Ventrikel zu legen, dass die fascienlose Innenfläche des Muskels das Herz berührt. Die günstigsten Stellen des Ventrikels müssen gesucht werden, denn eine Regel vermag ich nicht anzugeben, da ich fast alle Stellen und Anlegungsweisen wirksam fand, jedoch bei den verschiedenen Herzen oder bei einem und demselben zeitweise verschieden günstig. Nur von den Vorhöfen sah ich niemals secundäre Contraktionen erfolgen, falls der Muskel nicht plötzlich ins Rutschen kam, wobei Zuckungen entstanden, die in ihrer Weise schätzbar waren, weil sie immer synchron mit der Systole auftraten, während die von den Actionsströmen herrührenden bei dem trägen Schildkrötenherzen überraschend lange der Ventrikelsystole vorausgehen, ja so früh erscheinen, dass es oft mehr aussieht, als ob sie noch vor Vollendung der vorangegangenen Diastole begönnen. In einigen Fällen meine ich

selbst zwei Zuckungen des Sartorius gesehen zu haben, die eine bald nach Anfang der Diastole, die andere gerade nach deren Vollendung oder kurz vor der folgenden Systole; doch sind meine Beobachtungen nicht zahlreich genug, um mir in diesem Punkte nicht Zurückhaltung aufzuerlegen.

Die Sartoriuszuckungen vom Herzen aus sind im Ganzen nicht kräftig, selten so, dass der Muskel emporschnellt, sondern bestehen meist in partiellen Contraktionen, die das Muskelband zu torquiren pflegen; zuweilen scheinen sie von auffallend langsamem Verlaufe zu sein und den Charakter des Tetanus oder der Contraktur anzunehmen, doch nicht etwa so, dass sich die Bewegung weit bis in die systolische Zeit hinein fortsetzte. Ist dem Sartorius vorher ein Querschnitt angelegt, so werden die Zuckungen zum Theil kräftiger und es scheint dann auch mehr auf die Anlegungsweisen anzukommen, von welchen die Querlage, etwa auf dem unteren Drittheile des Ventrikels, oder die Längslage unter Zuwendung des Sartoriusquerschnittes gegen die Atrioventrikulargrenze die wirksamsten sein dürften. Querschnitte an der Herzspitze fand ich ebensowenig förderlich, wie das Anlegen des Muskels mit dem Querschnitte an die Herzoberfläche und mit der Muskelfläche an das durchschnittene Herzfleisch. Unvergiftete Sartorien reagirten nicht ausnahmslos und seltener. In einigen wenigen Fällen ist es mir auch geglückt eine oder mehrere Zuckungen von Curaresartorien zu erhalten, die ich möglichst unverletzt, symmetrisch zum Aequator über zwei recht scharfkantige Kochsalzthone, welche am anderen Ende das schlagende Herz zwischen sich fassten, gelegt hatte. Auch hier gingen die secundären Zuckungen dem Herzschlage sehr merklich voran. Dass ich die secundäre Zuckung vom Muskel zum Muskel mit dem Sartorius auch an den Skeletmuskeln der Schildkröte probirte, bedarf der Erwähnung kaum: das Resultat war stets ein negatives[1]).

[1]) Ebenso von den Muskeln des Kaninchens aus.

Weniger regelmässig, obschon zur Nachuntersuchung ganz genügend, erhielt ich secundäre Zuckungen des Curaremuskels von ausgeschnittenen Kaninchenherzen[1]) und hier sahen dieselben wegen des schleunigeren Ablaufes der Vorgänge besonders häufig so aus, wie wenn sie in das Ende der Diastole fielen. Endlich ist es mir gelungen den Sartorius durch den Ventrikel des isolirten Froschherzens zu erregen, ein zwar meist fehlschlagendes Experiment, aber von hinreichender Sicherheit um gelegentliche Bestätigung von anderer Seite erwarten zu lassen.

## II. Von der Wirkung des Nerven auf den Muskel.

Ausgehend von der, meinen Beobachtungen entnommenen, distincten Endigung motorischer Nerven mit hypolemmalen, nicht

[1]) An dem ausgeschnittenen Kaninchenherzen sah ich gelegentlich einige Erscheinungen, die vielleicht zu weiteren Untersuchungen Anlass geben. Ich fand nämlich einige Male den sonst wirksamen rechten Vorhof, trotz lebhaften Schlagens wirkungslos für den Froschnerven, während der linke Vorhof nicht schlug, aber etwa zur Zeit des Beginnes der Systole am rechten Atrium jedesmal eine Zuckung des Froschschenkels erzeugte. Nach dem Abschneiden und Isoliren des linken Vorhofes blieb die Erscheinung aus, kehrte aber wieder, wenn ich den letzteren am Rande etwas drückte oder anstiess, ohne dass die kleine runzelige Muskelmasse selbst an spiegelnden Theilen der Oberfläche die geringste eigene Bewegung verrieth. Es könnte also doch von electrischen Schwankungen begleitete Zustände einer contractilen Substanz geben, ohne nachfolgende Contraktion, jedenfalls eine zusagendere Auffassung der Erscheinung, als die Annahme, dass die Enden der Vorhofsnerven hier mittelst Entladungen wirkten.

Beim Aufzeichnen der vom ausgeschnittenen Kaninchenherzen erhaltenen secundären Gastrocnemiuszuckungen fiel es mir zuweilen auf, dass die letzten Pulsationen immer länger werdende Curven lieferten, deren Dauer mehr als $^1/_2$ Sec. betrug. Die Curven waren im ansteigenden Theile kaum verändert, zeigten aber doppelte, etwa um $^1/_{10}$ Sec. von einander entfernte Gipfel. Da der Froschnerv nur auf dem Ventrikel, fern von den Vorhöfen lag, könnte eine im Absterben entwickelte Störung der Synchronie der beiden Ventrikel die Ursache sein.

in die contractile Substanz verfliessenden Fortsetzungen des Axencylinders, hat *du Bois-Reymond*, in weiterer Verfolgung des von ihm gefundenen electromotorischen Verhaltens markhaltiger Nerven, eine Reihe von Hypothesen erörtert, nach welchen man sich die Wirkung des Nerven auf den Muskel als eine localisirt-electrische vorstellen könne. Ich erinnere mich, eine ähnliche Auffassung zuerst im Jahre 1860 von unserem tiefsten Kenner der Nerv-Muskelphysiologie vernommen zu haben, als ich das Glück hatte, denselben vor einem entscheidenden mikroskopischen Präparate von dem Nerveneintritte durch das Sarkolemm zu überzeugen; jene Vermuthung öffentlich anzudeuten, wagte ich aber erst, nachdem ich die labyrinthische Endplatte in den von *Rouget* inzwischen an der Eidechse constatirten *Doyère*'schen Nervenhügeln gefunden hatte, und ich that es hauptsächlich wegen einer Aehnlichkeit jener Platte mit der bis dahin beschriebenen Nervenendigung in den electrischen Organen der Zitterfische. Seitdem ist mir die Genugthuung geworden, meine Beschreibungen und Abbildungen der motorischen Endplatten durch *Ciaccio*, der deren Entstehung, damals als Gast in meinem Laboratorium arbeitend, beiwohnte, später nicht nur für die Muskeln von Torpedo auf das Vollkommenste bestätigt[1]), sondern auch in überraschender Weise übereinstimmend gefunden zu sehen mit der besonders durch diesen Anatomen einigermaassen enthüllten Nervenausstrahlung im electrischen Organe jenes Fisches, von welcher *Ciaccio* selber sagt[2]), sie gleiche vollkommen der von mir gegebenen Abbildung der motorischen Endplattten bei den Reptilien.

*Du Bois-Reymond* entscheidet sich unter den von ihm einzeln erörterten Entladungshypothesen schliesslich für eine sog.

---

1) Inst. d. Bologna. 17 maggio 1877.

2) Ibid. 21 maggio 1874.

modificirte, nach welcher negative Schwankung eines im hypolemmalen, ruhenden Nervenästchen präexistirenden Stromes zum Reize für die direct berührte contractile Substanz werde. Gefordert wird dabei ein bestimmtes anatomisches Verhalten, das zugleich die Unwirksamkeit des Vorganges für benachbarte Muskelfasern erkläre, und in einer leichten Umbiegung des äussersten Nervenendes zur Mantelfläche des contractilen Cylinders, mit der Richtung nach dessen Axe hin bestehen sollte. Wie man sieht, setzt die Hypothese hinreichende Grösse und passende Steilheit der negativen Schwankung des Nervenstromes zu Erregungen überhaupt, sowie hinreichende Erregbarkeit der Muskelsubstanz für electrischen Reiz von dieser Art und Grösse voraus.

Die hier folgenden Untersuchungen gingen ähnlichem Ziele, aber auf anderem Wege nach, denn es schien mir vortheilhaft, statt in histologischer Beziehung neue Voraussetzungen zu machen, nur bis jetzt thatsächlich Erkanntes hinzunehmen und in physiologischer Hinsicht auch von der Præexistenz des Nervenstromes, für welche es keine Beweise giebt, abzusehen.

## 1. Ueber Beziehungen des electromotorischen Verhaltens der Nerven zur Erregung.

Wie constant und kräftig der Nerv durch seinen eigenen Längs-Querschnittstrom erregt werde, ist seit *Galvani*'s Zuckung ohne Metalle und nach der von *du Bois-Reymond* gegebenen Aufklärung der in dieses Gebiet fallenden Erscheinungen bekannt. Dennoch muss ich bekennen die Grösse der unter Umständen möglichen Wirkung der Eigenerregung des Nerven unterschätzt zu haben, so lange ich die vorhin beim Muskel angegebene Herstellung des nebenschliessenden Kreises mittelst Thonzapfen und einer plötzlich gegen diese schlagenden, leitenden Flüssigkeit nicht versucht hatte, ein Verfahren, das zur raschen und ergiebigen Schliessung

dem Aufwerfen von nassen Bäuschen oder Thonstücken sehr überlegen und zur Oeffnung, wobei man die Salzwasserschale einfach schnell senkt, ebenso tauglich scheint. Je kürzer das mit Längs- und Querschnitt zwischen die Thone genommene Nervenstück war, um so sicherer schien mir immer bei Schluss des Kreises die Zuckung des zugehörigen Muskels zu sein und ich fand in der Beziehung keine Unterschiede zwischen oberen und unteren Strecken des Nerven. Alle leidlich erregbaren Präparate lieferten ausserdem zwar gewöhnlich schwächere, aber deutliche, mitunter selbst starke Oeffnungszuckungen, sehr im Gegensatze zum Muskel, da sogar die nach *Roeber* electromotorisch wirksameren Curaremuskeln (Sartorien) gleicher Ableitung unterworfen, davon nie die geringste Spur zeigten. Die durch den Nervenstrom indirect erzeugten Zuckungen sind auch von hinlänglicher Kraft um secundäre, zuweilen auch solche höherer Ordnung zu erzeugen, und als ich den Kreis mit den gewöhnlichen Thonstiefelzinkelectroden und einer einfachen metallischen Drahtleitung, in welche ein vibrirender, sonst ganz isolirter Quecksilberunterbrecher eingeschaltet worden, hergestellt hatte, erhielt ich von dem so erzeugten, von *du Bois-Reymond* zuerst erzielten primären Tetanus, auch secundären.

Wie beim Muskel fallen derartige Versuche besonders gut aus, wenn ein zweiter Nerv in derselben Richtung mittelst eines Hilfsthones eingeschaltet wird, während Compensation der Ströme durch Umdrehen des einen, alle Erfolge aufhebt. Wird einer der Nerven mit zwei Punkten der Oberfläche, von denen sich unwirksame oder schwache Anordnung in Bezug auf den Ruhestrom voraussehen lässt, angelegt, so bleibt die Wirkung an diesem oft aus, trotz zuweilen am Gastrocnemius des andern stromgebenden Nerven bemerkbarer Zuckungen, wie es mir denn auch nie gelungen ist durch directes schnelles Anlegen eines im kurzen Haken über ein Glasfädchen gekrümmten Froschnerven mit

Längs- und Querschnitt an die Flanke eines andern, Erregung dieses zu erzielen, es sei denn, dass es sehr nahe an dessen Querschnitte geschah unter Richtung der beiderseitigen Nervenströme zum gemeinsamen Kreise, also unter Umständen, denen wahrscheinlich schon *Galvani* jenen Erfolg verdankte, welchen *du Bois-Reymond* später vergeblich zu erreichen suchte[1]).

Von den sehr variirten zahlreichen Versuchen, die ich zur eigenen Belehrung in der beschriebenen Weise über die Zuckung ohne Metalle anstellte, hat bei dieser Gelegenheit der folgende vielleicht Interesse, den ich desshalb hier allein mittheile. Derselbe sollte an einem mit Querschnitt versehenen Nerven den Vorgang der auf Reizung erfolgenden negativen Schwankung nur unter Benutzung des eigenen, sogenannten Ruhestromes nachahmen und zur Umkehr dieses, bei der Schwankung im *Bernstein*'schen Sinne, ausserdem nur den Strom anderer etwa gleicher Nervenstücke in Anspruch nehmen. Für das erstere brauchte kaum eine besondere Beobachtung gemacht zu werden, da jede Oeffnungszuckung ohne Metalle auf negative Schwankung des Eigenstromes hinauskommt, ich wollte aber im Momente der Oeffnung statt des geschwundenen Stromes gleich einen derselben Grösse von umgekehrter Richtung durch den Nerven senden und dazu schaltete ich den Nerven zunächst mit Längs- und Querschnitt zwischen zwei Thonen ein, deren untere Zapfen einstweilen durch Salzwasser leitend verbunden blieben. Mit Hülfe eines dritten Thones, wurden die genannten Leiter mit zwei unter sich gleichgerichteten, also zur Säule angeordneten und je nur halb so lang eingeschalteten Nerven, mit dem des Prüfschenkels und umgekehrt zur Stromrichtung von dessen Nerven zu einem zweiten oder Nebenkreise verbunden. Zog ich nun das Salzwasser fort, so

---

[1]) Vergl. *E. du Bois-Reymond.* Unters. ü. thier. Electrct. Bd. I. S. 84 und Fortschr. d. Physik. IV. 1852 (1848) S. 314.

wurde der Strom des auf Erregung zu prüfenden Nerven plötzlich etwa um die eigene Grösse übercompensirt oder umgekehrt und ich erhielt eine Zuckung von ungewöhnlicher Energie. Da der Versuch auch an allen bis zum Schwinden der Oeffnungszuckung veränderten Nerven immer starke Erregung nachweist, ist wohl zuzugeben, dass eine im Allgemeinen mit der Art der von *Bernstein* im erregten Nerven angenommenen, übereinstimmende Stromesschwankung ein hervorragendes Erregungsmittel für Nerven sei.

In jeder denkbaren Weise habe ich die älteren Versuche *du Bois-Reymond*'s vom Nerven zum Nerven secundäre Wirkung zu erzielen sowohl mit directer, wie mit den durch die eben erwähnten Mittel hergestellten Ableitungen wiederholt und fortgesetzt, ohne dem Ziele näher gekommen zu sein, welcherlei künstliche oder natürliche Reize auch verwendet sein mochten. Da ich zur Erzeugung der Zuckung ohne Metalle kein Verfahren so vortheilhaft fand, wie sanftes Einschnüren des Nerven in zwei sich fast berührende Ringe aus mit Salzwasser oder Eiweiss getränkten Baumwollenfäden, Durchschneidung der Brücke zwischen den Fäden und Ableitung der in Thon gekneteten Fadenstümpfe, sowie der fast unmittelbar darüber befindlichen Querschnittflächen, mag nicht unerwähnt bleiben, dass auch dieses Verfahren keine Effecte vom oberen gereizten Stücke auf das untere erzielte. Umgekehrt konnte ich nicht einmal Abnahme der Wirkung eines mit dem zweiten in den Kreis gleichgerichtet geschalteten Nerven, bezüglich der Zuckung ohne Metalle, weder für Schliessungs- noch für Oeffnungserregung constatiren, wenn der erste Nerv während sämmtlicher Herstellungen und Unterbrechungen des Kreises, am andern Ende stark tetanisirt wurde. Häufig genug begegnete ich hierbei so weit alterirten Nerven, welche auf Schluss ihres eigenen Stromes mit der besten Nebenschliessung nicht, sondern nur unter Zuhülfenahme eines zweiten gleichgerichteten reagirten, aber ruhig darin fortfuhren, trotz aller er-

regenden Behandlungen des letzteren, die dessen Strom hätten vermindern oder zeitweise umkehren müssen. Um allen Einwänden zu begegnen wurde nicht unterlassen einsinnige Phasen des Electrotomus, die sich für den Nervenstrom hätten substituiren können, durch Controlversuche mit wechselnder Stromrichtuug am primären Kreise des Inductoriums, oder unter Verwendung der hier freilich nicht vollkommen helfenden *Helmholtz*'schen Einrichtung zu umgehen, oder dergleichen gänzlich auszuschliessen, indem Glycerin- oder NaCl-Reizung verwendet wurde, was jedoch nichts am Ausfalle änderte. Natürlich hätte es durch sonderbare Zufälle geschehen können, dass die Proben auf das Eintreffen der Zuckung ohne Metalle jedesmal in einem Momente vorgenommen worden, wo der tetanisirend gereizte Nerv sich gerade in der Pause zwischen zwei Reizen befand, dann wäre aber zu erwarten gewesen, dass ein durch rasches Unterbrechen des Nervenstromkreises erzeugter Tetanus ohne Metalle unregelmässig geworden wäre, sobald man das ausser dem Kreise befindliche Ende des einen, den Erregungsstrom gebenden Nerven tetanisirte; ich habe das nie bemerkt, obwohl ich den Unterbrechungsrhythmus in weiten Grenzen zu ändern vermochte, mit Hülfe einer Einrichtung, die in nichts Anderem bestand, als in dem *Halske-Heidenhain*'schen Tetanomotor, an welchem ich eine mit ungleichen Zinken in zwei vertical verstellbare Quecksilbernäpfchen schlagende Platingabel isolirt befestigt hatte. — Es scheint also in keiner Weise möglich zu sein mit Hülfe eines erregbaren Nerven zu entscheiden, ob ein anderer erregt sei oder nicht und im letztgenannten Falle vielleicht desshalb nicht, weil der vorhandene Strom des zur Erregung benutzten Nerven ausser der Abnahme noch die *Bernstein*'sche Umkehr erfuhr.

Hätten wir uns nicht als verwöhnt zu betrachten durch die *Matteucci*'sche Entdeckung, welche die zu ihrer Zeit gewagtesten Hoffnungen so sehr überbot, dass selbst *du Bois-Reymond* bekannte,

der Versuch sei ihm nicht einmal eingefallen, so würde nichts Auffallendes zu finden sein in der Erfolglosigkeit aller bisherigen Bemühungen, secundäre Effecte vom erregten Nerven zu erhalten. Heute ist die Sachlage aber so verändert, dass wir das Gegentheil viel eher erwarten müssten und in Verlegenheit gerathen, wenn wir verstehen sollen, wesshalb es keine secundäre Zuckung vom Nerven aus giebt. An der zu geringen Masse des primär erregten Nerven kann es nicht liegen, denn ein Bündel Froschnerven von der Dicke eines guten Sartorius leistet bei keiner Anlage zum dünnsten secundären Nerven und bei keiner Reizweise etwas anderes, und ebensowenig fand ich den starken N. ischiadicus grosser lebender Kaninchen, oder den colossalen N. trigeminus der Barbe, noch den dicken N. opticus des Hechtes dazu im frischesten Zustande tauglicher. Vergleicht man damit die secundäre Wirkung des Muskels, so stellt sich heraus, dass dieser, wie vorhin gezeigt worden, kaum Nervendicke zu haben braucht um unter den nämlichen Umständen alle Fasern eines starken Nerven zu erregen. Es herrscht nun wohl die Meinung, der Nerv sei wegen der Markumhüllung seiner Fasern, welches zu grossen Leitungswiderstand, oder besonders ungünstige Polarisation einführe, ungeschickt zur Uebertragung seiner inneren, an den Axencylinder geknüpften electrischen Vorgänge auf die Aussenseite; damit ist aber nicht zu argumentiren, weil die Markhüllen umgekehrt kein Hinderniss sind zur Uebertragung der myoelectrischen Schwankung von Aussen nach Innen auf den Axencylinder; alle Gründe oder Erklärungen der secundären Unwirksamkeit des Nerven reducirten sich daher auf die Annahme geringerer electromotorischer Kraft des Nerven als des Muskels oder ungenügender Mächtigkeit der neuroelectrischen Schwankung. Wie es aber um diese Annahmen im Augenblick steht, ist bekannt. *Bernstein* zeigte, dass der Muskelstrom niemals in der Schwankung auf Null herabgeht, während

dies gerade beim Nervenstrom der Fall ist, der sich sogar um die vorige Grösse umkehre, und *du Bois-Reymond* erklärte nach der ersten Ausführung messender Bestimmungen die electromotorische Kraft des Nerven für grösser [1]), als die des Muskels. Die electrische Schwankung im Nerven ist also absolut und relativ genommen ein mächtigerer Vorgang, als die des Muskels und es bleiben somit keine jetzt zu bezeichnenden Gründe übrig, welche uns begreiflich machten, wesshalb kein Nerv erregend auf den andern wirkt. Wäre secundäre Wirkung überhaupt erst zu erschliessen oder vorauszusagen, was *du Bois-Reymond* einst gekonnt zu haben geglaubt hatte, als ihm *Matteucci*'s Entdeckung bekannt wurde, so würden wir auf das Gegentheil von Dem verfallen, was in Wahrheit existirt: wir würden sie eher von Nerv zu Nerv als vom Muskel zum Nerven voraussetzen.

Nicht besser steht es um die Frage nach der Wirkung des Nerven auf den Muskel. *Hering*'s Entdeckung zeigt uns den Muskel erregbar genug um ihn auf Entstehung seines eigenen schwachen Stromes reagiren zu lassen. Auf irgend eine Weise müsste es daher möglich sein den Muskel durch den stärkeren Strom des Nerven zu erregen, und wenn dieser Strom um das doppelte seiner Grösse schwankt, wie es im gereizten und mit einem Querschnitte versehenen Nerven nach *Bernstein* vorkommt, den Muskel secundär in Contraktion zu versetzen durch einen anliegenden gereizten Nerven, also ungefähr Das in einem gröberen Experimente zu verwirklichen, was *du Bois-Reymond*'s modificirte Entladungshypothese in kleinerem Maaßstabe voraussetzt. Das erstere ist unter gewissen Umständen möglich und wurde von mir zuerst beobachtet, als ich begann, zu den hier auszuführenden Versuchen marklose Nerven statt der gebräuchlicheren markhaltigen zu verwenden.

---

[1]) Ges. Abhandl. II. S. 250 u. 342.

Gewiss war es eins der ersten Erfordernisse, vor allen, aus dem Verhalten markhaltiger Nerven für deren marklose Enden speculativ erschlossenen Vorgängen den Versuch zu machen, Uebereinstimmung der beiderlei Nerven zunächst in den wesentlichsten Beziehungen nachzuweisen und für den jetzigen Zweck das electromotorische Verhalten grauer Nervenfasern festzustellen. Späterer ausführlicher Mittheilung vorgreifend, habe ich hier vorauszuschikken, dass ich in dem Nervus olfactorius mittelgrosser Hechte zu diesem Studium ein vortreffliches Object fand, an welchem ich gemeinsam mit Dr. *Steiner* sowohl das *du Bois*'sche Gesetz des Nervenstromes, als auch die negative Schwankung des Stromes auf Reizungen verschiedenster Art, von ungeahnter Mächtigkeit constatirte. Diesem an der Bussole gefundenen Verhalten entsprechend war auch die erregende Wirkung des Nerven auf andere und selbst auf Muskeln. Zu meinem Erstaunen sah ich, wie dieser graue Nerv von der Dicke des unteren Abschnittes eines Froschischiadicus, in Gestalt eines kurzen Hakens auf das ausgezogene Ende eines Glasstabes genommen, nach Art eines feinen Electrodenpaares an jeder beliebigen Stelle des Froschnerven zu verwenden war, indem er überall kräftige Zuckung des Schenkels auslöste, am besten im Augenblicke der Berührung, etwas schwächer bei raschem Abheben seiner Längs- und Querschnittspunkte, auf die es ankam. So lange man den Olfactorius vor stärkerem Vertrocknen schützt, erhält sich diese Fähigkeit zu Erregungen beträchtliche Zeit. Mit Leichtigkeit und Sicherheit gelang es Froschnerven indirect durch ihn zu erregen, indem ich die ersteren selbst stromlos an 2 Punkten mittelst der mehrerwähnten Thone so ableitete, dass Schluss des Kreises keine Zuckung gab und später die Leitung von einem Hilfsthone her so schloss, dass der Längsquerschnittsstrom eines ganz kurz genommenen Olfactoriusendes in den Froschnerven hereinbrach. So wurde auch Oeffnungszuckung erreicht und ausserdem glückte es, den compensirend mit einer an der Knie-

kehlgegend von Stümpfen abgehender Zweige freien Strecke eingeschalteten Froschnerven durch den Olfactorius zu reizen, der den Strom des ersteren umkehrte. Ich halte es für unnöthig und ohne Abbildungen in Kürze unausführbar, die zahlreichen Varianten dieses Versuches, die ich vorgenommen, einzeln zu beschreiben und will nur hinzufügen, dass unter Umständen, in die sich Jeder an der Hand des sog. Zuckungsgesetzes leicht hineinfindet, die Oeffnungszuckung die der Schliessung übertrifft, oder allein zum Vorschein kommt.

Nach diesen Wahrnehmungen war ich gespannt zu sehen, wie sich der Olfactorius zum Muskel verhalten werde und ich bemerkte in der That sofort Zuckungen an einem curaresirten Sartorius, dessen Querschnitt ich mit der Oberfläche des Nerven berührte, nachdem der Olfactoriusquerschnitt am Rande des Muskels leicht angeklebt worden, Etwas, das ich mit gewöhnlichen Froschnerven nie erreichen konnte, wenn sie nicht sehr stark mit Lymphe benetzt waren, während der Riechnerv noch wirkte, als sich daran schon beginnende Vertrocknung verrieth. Als ich ferner einen Sartorius mit Längs- und Querschnitt zwischen Thonwalzen nahm und den Olfactoriusstrom dem des Muskels gleich gerichtet plötzlich zuleitete, beobachtete ich eine kräftige Zuckung. Wo die Zuckung des fester angeklebten Muskels den Kreis nicht unterbrechen konnte, fehlte auch hier jede Andeutung einer Oeffnungszuckung. Wurde der Riechnerv entweder den Muskelstrom compensirend, oder mit zwei Punkten der Oberfläche, oder auch mit einem kurzen, von zwei die Thone berührenden Querschnitten begrenzten Stücke eingeschaltet, so blieb jeder Effect am Muskel aus, ebenso wenn der Nerv am wirksamsten, der Sartorius selbst aber stromlos oder mit einer der schwachen Anordnungen eingeschaltet worden. Es ist mir auch nicht geglückt fibrilläre Zuckungen am unverletzten Sartorius wahrzunehmen, wenn ich den Olfactorius zum Haken gekrümmt irgendwo darauf, oder

mit dem Längsschnitte an die Sehne, mit dem Querschnitte an die Muskeloberfläche brachte, während der mit einem Querschnitte versehene Sartorius zuweilen leise zuckte, wenn ich den Nervenhaken mit seiner Krümmung etwa 1 mm. vom Muskelquerschnitte und mit dem Ende entsprechend weiter entfernt auf die Innenfläche des Muskels setzte.

Einmal mit der Möglichkeit der Muskelerregung durch den Strom des ruhenden Nerven bekannt, wollte ich nicht versäumen die Experimente mit Froschnerven wieder aufzunehmen und es gelang mir nun wirklich die Zuckung zu erhalten, als ich statt eines Froschischiadicus, deren sechs, bei kleineren Sartorien, nur drei zu einem Bündel zusammengefasst oder so umgebogen verwendete, dass jeder Nerv mit einem Doppelquerschnitte und dem Aequator eingeschaltet wurde. Der sich regende Verdacht, dass die dickeren Nervenbündel im Kreise keine andere Bedeutung, als die durch den verminderten Widerstand bedingte fänden, wurde durch stromlose Anlage der Bündel ohne Aenderung des Widerstandes widerlegt, nach welcher jede Reaction im Sartorius ausblieb. Hinsichtlich der zur Muskelerregung unwirksamen Anordnung ist das beim Olfactorius Gesagte zu wiederholen und hinzuzufügen, dass directe Anlage der Nervenbündel an den Muskel nicht exact genug ausführbar schien, um sichere Erfolge, die ich zwar für möglich halte, aber nicht erzielt habe, zu erwarten. Uebrigens waren die bei erfolgreicher Zu- und Ableitung durch Thonwalzen und Salzwasserschluss von den Froschnerven bewirkten Zuckungen stets schwächer, als die vom Olfactorius und ich muss im Allgemeinen rathen, um sie zu sehen, den Sartorius nicht direct mit dem Querschnitte gegen den Thon zu stemmen, sondern indirect mit diesem durch das früher S. 12 beschriebene Salzwassernäpfchen zu verbinden.

Wenn Etwas, so konnten die Olfactoriusversuche allenfalls die Hoffnung wieder beleben, vom gereizten Nerven secundäre

Wirkung auf andere Nerven zu erhalten; es schlug aber Alles, was ich versuchte, gerade so fehl, wie die früheren ausschliesslich auf Froschnerven gewendeten Bemühungen. Man wird es glauben, dass ich keine der dort erwähnten Einrichtungen und Abänderungen beim Olfactorius unversucht gelassen und dass mich nur Abneigung gegen Wiederholungen verhindert, jener vollkommen negativen Erfahrungen ausführlicher zu gedenken. Fast selbstverständlich ist es, dass ich ungeachtet der geringeren Wahrscheinlichkeit gern ein Uebriges gethan, um Das, was vom Olfactorius zum Froschnerven nicht gelang, zum Muskel wenigstens zu versuchen; doch kann ich darüber ebenso ohne Zusatz abschliessen, wie über zahlreiche nach *du Bois-Reymond*'s Vorgange, mit abgeschnittenen und gereizten Froschnerven am Sartorius vorgenommene Versuche. Höchstens hätte ich zu erwähnen, dass ein Froschsartorius an einen der viel dickeren Kopfnerven der Barbe, deren Erregbarkeit recht dauerhaft ist, gelegt, sich nicht rührt, wenn man den Nerven reizt.

In der Wirkung der Nerven auf den Muskel ist vor Allem der wichtige Umstand zu berücksichtigen, dass der motorische Nerv schliesslich ausnahmslos den Inhalt des Sarkolemms erreicht und berührt, niemals an seinem Ende durch die Hülle von der contraktilen Substanz getrennt bleibt, und in der natürlichen Anordnung mit keiner anderen Strecke auf den Muskel wirkt. Man musste sich fragen, ob Das nicht nachzuahmen sei, ob sich denn die directe Berührung des Sarkolemminhaltes mit nackten Nervenfasern durchaus nicht künstlich herstellen lasse. Vermuthlich wird man darauf wegen der raschen Veränderlichkeit der Schnittflächen, für welche *du Bois-Reymond* und *Hermann* schon so viele Beweise lieferten, verzichten müssen, aber ich habe Einiges, was bisher nicht berücksichtigt schien, dazu nicht unversucht lassen wollen. *Du Bois-Reymond* bemühte sich schon vergeblich einen Sartorius zum Zucken zu bringen, dem der frische Querschnitt eines ge-

reizten Nerven am ebenfalls unmittelbar zuvor hergestellten eigenen Querschnitte angeklebt worden; indess vernichtet der mikroskopische Anblick jener Schnittflächen wohl alle Hoffnung so zum Ziele zu kommen. Ein mit dem Rasirmesser hergestellter Nervenquerschnitt auf der ursprünglichen Unterlage sogleich und ohne Deckglas mit *Hartnack*'s Syst. 5 und einem starken Ocular betrachtet, zeigt deutlich die ungeheuere Mehrzahl der Fasern von dünnen Markkappen überragt, also mit einer Materie versehen, welche niemals das natürliche Ende des motorischen Nerven überzieht. Ausser diesen Schnittenden gibt es indess einige, sehr wenige freilich, an denen wirklich der Axencylinder frei herausragt und ich habe mehrfach zu erkennen vermocht, dass dies solche Fasern betraf, welche dicht vor einem Schnürringe der *Schwann*'schen Scheide abgeschnitten worden, Etwas, das ganz verständlich ist, weil der Axencylinder an solchen Stellen nach *Ranvier* wirklich markfrei sein kann, und weil das hinter dem Ringe liegende Mark durch die Einschnürung verhindert wird, an die Schnittfläche zu kommen. Was vom Axencylinder hervorragte, machte den Eindruck einer kurzen, leeren, ziemlich steifen Röhre, also eines Stückes der inneren Hornscheide; doch liess sich bei so ungünstiger Betrachtung nicht sicher urtheilen über dieses Détail, welches die Möglichkeit nicht ausschliesst, dass selbst die betreffenden sehr sparsamen Stellen am Nervenquerschnitte noch nicht die gewünschten Berührungsflächen wirklicher Axencylinder für den Muskel darstellten. Von dem Querschnitte des Muskels braucht nichts gesagt zu werden, als dass er eine Pilzkappe sehr veränderter Muskelsubstanz darstellt. Diese Uebelstände zu umgehen habe ich den Versuch gemacht das Nervenmark etwas steifer und den Muskelinhalt weniger veränderlich zu machen, und beide Querschnitte vor der Berührung mit Luft zu bewahren. Ich nahm desshalb die Durchschneidung mit vollkommen reinen, ungebrauchten Scheeren unter eiskaltem Salzwasser vor, indem

ich erst sehen wollte, ob solche Trennung der Continuität mit unmittelbar darauf folgender Wiedervereinigung den Uebergang des Erregungsprocesses in demselben Gewebe hindere. Zweifellos ist dies der Fall. Beim Muskel glückte das Durchschneiden und Wiederankleben fast so gut wie bei schwarzem Kautschuk, besonders wenn man ihn erst zusammenklappte und den First mit einem tiefen, raschen Schnitte traf; weniger gut und besser ohne vorherige Schlingenbildung ging es am Nerven. Ist das Ankleben glücklich erreicht, so kommt die grössere Schwierigkeit, da man die Präparate nicht unzerstört durch die Oberfläche der Flüssigkeit ziehen kann; zuweilen gelang es mir sie nach möglichst raschem Abheben des Salzwassers auf dem ebenen Boden der Schale in dem für Reizungen geeigneten Zustande zu finden, indess doch erst nach einer Frist, die bedenklich gewesen sein konnte. Ich will daher auf den Mangel des Erfolges hier weniger Gewicht legen, als auf die vergeblichen Versuche die Reizung unter dem Flüssigkeitsspiegel durch die Schnittflächen übertreten zu lassen. Das letztere konnte nämlich ganz gut probirt werden, indem man nur die eine Hälfte jedes Doppelpräparates, beim Schenkel ein Stück des Plexus sacralis bis in einiger Entfernung vom Schnitte herausfischte und die trocken gelegten Antheile reizte. An dem kurzen Muskelende war der Stromschleifen wegen electrischer Reiz unmöglich, so dass ich mich mit Scheerenschnitten als Reizmittel begnügen musste, während beim Nerven kein Hinderniss für irgendwelche Reizung bestand. Der Erfolg aller dieser Bemühungen war wieder negativ, am Schenkel sogleich unzweifelhaft null, am Muskel oft nicht zu beurtheilen, weil der zuckende Antheil den anderen von sich stiess, oder von vornherein bestehendes fibrilläres Zucken in beiden Hälften nicht zu dämpfen war. Indess konnte ich mich in manchen Fällen, wo diese Missstände fortblieben, überzeugen, dass die einmalige Continuitätstrennung alles Uebergleiten der Erregung vollkommen verhindere. Leider liess sich

die früher genannte alkalische Salz-Phosphatlösung hier nur bei den Nerven, wo sie auch nicht half, anwenden, da sie den Muskel zu unruhig machte. Nach diesem Ausfalle war von der übrigens recht schwierig herzustellenden Verklebung der Nerv-Muskelquerschnitte so wenig mehr zu erwarten, dass ich dieselbe nach den ersten Misserfolgen auf sich beruhen liess. Nur das kostbare Material einiger Hechtsolfactorii habe ich noch daran gewendet, indem ich dieselben mit möglichst kleinen Froschsartorien auf die genannte Weise in Verbindung setzte, ein unbequemer Versuch, da sichere Reizungen nur an den centraleren, $^2/_3$ der Länge des Nerven vom Lobus bis zum Riechorgan einnehmenden Antheilen anzustellen sind; das Verfahren ergab so wenig Effecte am Muskel, wie nach *du Bois-Reymond*'s Weise in Luft vorgenommene Berührungen. Endlich versuchte ich noch dem Riechnerven durch Zerreissen und durch vorsichtiges Zerfasern mit Nadeln ein pinselförmiges Ende zu geben, das ich sofort auf den eben angelegten Muskelquerschnitt schleifte, gelegentlich auch an ein schmales gut erregbares, aus dem Sartorius abgefasertes Bündel schmiegte; doch blieb dies Alles ohne Erfolg, wenn ich den disponiblen Antheil des grauen Nerven den verschiedensten Reizen (Inductionsschlägen, Glycerin oder NaCl) unterwarf.

## III. Histologische Untersuchungen.

Das physiologisch experimentelle Beweismaterial electrischer Innervationshypothesen steht nach der gegebenen Zusammenstellung früherer und jetziger Erfahrungen auf so schwachem Grunde, dass es an der Zeit war, zu erneuten histologischen Untersuchungen der motorischen Nervenendigung zurückzukehren. Nach *du Bois-Reymond*'s „modificirter Entladungshypothese" sollte eine einzige markfreie Nervenfaser, (von welcher wir nun wenigstens Längs-Querschnittsstrom und negative Schwankung annehmen dürfen), allen Anforderungen zur Erregung einer Muskelfaser ge-

nügen und bei der weiter vorausgesetzten Umbiegung ihres Endes gegen den contraktilen Cylinder auch die Beschränkung der Erregung auf die zugehörige Muskelfaser erklären. Wesshalb die bedeutende Schwankung des Stromes eines starken Froschnerven Polarisation oder Widerstand des dünnen Sarkolemms einiger Dutzend Muskelfasern nicht überwinde und den Muskel trotz günstigster Anlage nicht errege, Das liess die von so mächtiger Wirkung einfacher Ableitung der Schwankungswelle einer Nervenfaser ausgehende Hypothese so unaufgeklärt, wie die Nichtexistenz secundärer Nervenwirkung überhaupt. Zum Theil wohl aus diesem Grunde gab ihr *du Bois-Reymond* den Zusatz der Forderung unmittelbarer Berührung des marklosen Nerven mit der contraktilen Substanz und er hatte dabei den Vortheil Etwas zu verlangen, das schon gewährt war[1]). Indess wird damit der vorwiegend electrische Charakter der Hypothese, die alsdann weniger eine Entladungshypothese als eine chemische heissen müsste, hinfällig; denn wie kann man sagen, es liege electrische Wirkung auf den Muskel vor, wenn kein zwischengeschobener, für die Reizung

[1]) Ich kann bei dieser Gelegenheit nicht umhin, Einspruch zu erheben gegen *du Bois-Reymond*'s Darstellung der histologischen Grundlage seiner Hypothese. S. 728 II. der Ges. Abhandl. sagt der Verfasser: *„Ich gehe von der Annahme aus, die sich auf die Beobachtungen der HH. Babuchin, Engelmann, Krause, Rouget, Trinchese u. A., sowie auf das Verhalten bei Amphibien stützt, für die ich aber keine Verantwortung übernehme, der motorische Axencylinder löse sich in der Endplatte in Terminalfasern auf, die an der Muskelfaser enden.“* — während er bis S. 730 in Wort und Bild nichts Anderes darstellt als die von mir lange vor den Veröffentlichungen der genannten Autoren gefundenen, intramuskulär endenden Axencylinder des Frosches (freilich ohne Endknospen und mit einem von Niemanden beobachteten umgebogenen Ende versehen). Zur Wahrung historischer Gerechtigkeit muss hier bemerkt werden, dass von *Babuchin* gar keine besonderen Untersuchungen über motorische Nervenendigung vorliegen, wohl aber gelegentliche Aeusserungen der Zustimmung zu *Krause*'s, von *du Bois-Reymond* selbst überall beanstandeten Beschreibungen, nach welchen es überhaupt keine hypolemmalen Nerven der Vertebraten giebt; ferner dass *Engelmann*

chemisch indifferenter Leiter den Vorgang zu übertragen vermag? Und auf die Bedeutsamkeit der unmittelbaren Berührung deutet Alles, deuten meine von so vielen Seiten bestätigten Befunde des Durchtrittes der Nervenfaser durch das Sarkolemm, sowie meine von *Ranvier* jüngst mit so besonderem Nachdrucke wiederholten Angaben und ausgedehnten Beobachtungen über den Verlust der Markscheide gerade an jener Stelle, und deutet nicht zum Wenigsten die Fruchtlosigkeit unserer Bemühungen von Tausenden gereizter, markloser Nervenfasern auf die Querschnitte einiger Muskelfasern zu wirken, wo die hindernde Zwischenschicht sowohl am Nerven, wie am Muskel nur minimal sein konnte, und wahrscheinlich schmäler als das dünnste Sarkolemm war. Das Hinderniss dieser zarten Schichten nur in Polarisation, unter Ausschluss chemischer, dem electrischen Vorgange auf dem Fusse folgender Erregungsprocesse zu sehen, ist unthunlich, weil solche Polarisation doch durch Summirung der electrischen Wirkung überwindbar sein, und sich andrerseits als Hinderniss für die secundäre Erregung vom Muskel aus geltend machen müsste. Ich sehe nicht, wie man über das thatsächliche Verhalten des Nerven zum Muskel, oder dieses zu jenem, oder eines Nerven zum andern, anders ins Klare kommen könne, als indem man der neuroelectrischen Schwankungswelle die Fähigkeit der myoelectrischen abspricht auf irgend ein irritables Gewebe erregend zu wirken, und ihr dieselbe nicht eher zuschreibt, als bis sie selbst nach Form und zeitlichem Verlauf erheblich ver-

den motorischen Nerven zwar mit mir durch das Sarkolemm treten, aber nicht distinct enden, sondern continuirlich in die contractile Substanz übergehen lässt, während *Rouget*, ausser bei den Insekten, jegliche Fortsetzung des Axencylinders in Gestalt hypolemmaler Fasern oder Astwerke leugnete; endlich dass *Trinchese*, gewiss fern von aller Uebereinstimmung mit *du Bois-Reymond*'s Annahmen, die intramuskuläre Endigung bei Torpedo als netzförmig, mit gangliösen Anschwellungen und mit terminalen wahren Ganglienzellen versehen beschrieb.

ändert, oder durch besondere Vorkehrungen dafür verwendbar geworden ist.

Bei dieser Sachlage musste ich mich wieder meiner ältesten Erfahrungen über Form und Verlauf der hypolemmalen Axencylinder des Frosches und der Amphibien und der davon so merkwürdig abweichenden Nervenendigung bei allen andern Wirbelthieren, denen Nervenhügel mit Platte und Sohle zuzuschreiben sind, erinnern und mir von Neuem die seit vielen Jahren erwogene Frage vorlegen, wie weit unter solchen Differenzen eine Gemeinsamkeit der Anordnung, die doch vorauszusetzen ist, wenn die Innervationsweise des Muskels vom Amphibium zum Reptil nicht grundverschieden sein soll, gehe, oder welche Reduction möglich sei, um das Gesetz des peripheren Innervationsorganes festzustellen. Vorsichtiger Weise war ich früher nicht über die drei Sätze hinausgegangen: 1) der Nerv tritt durch Sarkolemm und Markscheide, 2) er berührt an einigen Stellen die Muskelsubstanz direct ohne sich in sie einzusenken, 3) er bildet eine den contraktilen Cylinder nur theilweise umfassende, nach dem Principe der Oberflächenvermehrung auf kleinem Raume zusammengedrängte Ausbreitung, aber es schien darunter ein wesentlicher, alsbald näher zu erörternder, zum dritten Satze gehöriger Umstand nicht mit einbegriffen. Später machte *Fischer*[1]) den Versuch, das Wesen aller motorischen Nervenendigung in einem Ausdrucke zusammenzufassen und glaubte dies zu erreichen, indem er dieselbe als kolbenförmig oder Anschwellungen darstellend bezeichnete, was ich für vollkommen verfehlt halten muss, weil eben die hypolemmalen Endfasern einiger Amphibien, die mitzubezeichnen gerade die Aufgabe war, nicht kolbenförmig, sondern stumpf zugespitzt enden.

Die folgenden histologischen Untersuchungen beziehen sich nur auf Muskeln der Wirbelthiere, da es viele Gründe gab, die

[1]) Arch. f. mikroscop. Anat. XIII. S. 365.

Wirbellosen einstweilen unberücksichtigt zu lassen. *Eimer*'s und *Kleinenberg*'s Beobachtungen über sog. Neuromuskelzellen bei Beroë und Hydra lassen zwar hoffen, dass das letztere Gebiet die Innervationsfrage der Muskeln in vielen Beziehungen aufklären werde, es liegt aber in der Uebertragung der Befunde von den niederen Entwicklungsstufen auf höhere auch eine Gefahr, der wir so lange ausgesetzt bleiben, als der Gegenstand nicht erschöpfend durchforscht ist. So ist, um nur Eines anzuführen, die Möglichkeit vorhanden, dass die im Sinne eines Muskels verwendbare contraktile Masse einfachster Art wirklich nur stellenweise contraktil, an andern Stellen bloss leitend sei und dass nervöse Substanz vor einer gewissen Stufe der Differenzirung continuirlich in die contraktile übergehe, oder wenn man will leitende Substanz am einen Ende die Zuthaten erhalte, die sie ausserdem noch contraktil machen. Man stelle sich vor, die *Kleinenberg*'schen Beobachtungen seien vor den meinigen entstanden und man wäre über den Befund des Ueberganges der Nervenhülle in die des Muskels, nebst der Thatsache des scharfen Absetzens der Markscheide nicht hinausgekommen, dann würde sicherlich heute allgemein angenommen, der Nerv verfliesse überall so mit der Substanz des Muskels, wie es *Engelmann* noch lange nachher sich dachte. Bei den Wirbellosen ist nun im Allgemeinen das unmittelbare Zutreten der Nerven zum Muskel, auch wo es ein Sarkolemm gibt, unter Verschmelzung dieses mit der Nervenhülle sammt dem Uebergange eines hypolemmalen Antheils der leitenden Fasern zur contraktilen Substanz besonders leicht nachzuweisen, (wie ich sehe, schon im Jahre 1854 vor mir von *Mayer* erkannt[1]), aber die eigentliche Endigung der Nervenfaser noch sehr wenig bekannt und da ich keine Hoffnung hatte diese schwierige Frage zur Zeit wesentlich fördern zu können,

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. S. 214.

so habe ich die Untersuchung der Muskelinnervation bei den Wirbellosen einstweilen verschoben.

Unter den Wirbelthieren schienen besonders die Amphibien ausgedehnterer Untersuchungen bedürftig. Ich hätte zwar gern die Arbeit bei den Fischen begonnen, stand aber davon ab, als ich die mir aus früherer Zeit bekannten Schwierigkeiten der Untersuchung durch Herrn *Borel*, der die Fischmuskeln im hiesigen Laboratorium mittelst der neueren Goldmethoden bearbeitete, nicht überwunden sah. Andern Beobachtern scheint es damit bis jetzt nicht besser gegangen zu sein, da in neuerer Zeit Keiner der erfreulich zahlreichen Bearbeiter des Gebietes der Fische wieder erwähnt, abgesehen von den Rochen, deren motorische Nervenendigung seit *Trinchese*'s Arbeiten schon länger bekannt war. Unsere Hoffnung bei den Stören, die wir hier lebend haben konnten, ähnliche Verhältnisse, wie bei den Rochen zu finden, wurde getäuscht, da Herr *Borel* daran nur auf Bilder stiess, wie bei den Knochenfischen und nirgends die mir von Raja bekannten, leicht zu findenden, grossen Endplatten antraf.

Bei den Amphibien kam es zunächst sowohl auf das feinere Détail der ganzen Nervenendigung, als auf die Formen des hypolemmalen Geästes, oder auf Verlauf und Verzweigungs**weise** der marklosen Endfasern, durch Vergleichung möglichst zahlreicher darüber belehrender Präparate an. Keine bessere Methode wüsste ich dazu vorzuschlagen, als die von *Cohnheim* mit so vortrefflichem Erfolge auf Muskeln eingerichtete Versilberung, der vor einigen Jahren das Glück zu Theil wurde, nur für historisch interessant erklärt zu werden[1]), in der Histologie bekanntlich die glänzendste Prognose, seit *Henle*[2]) *Virchow*'s Bindegewebszellen wesentlich historische Bedeutung zuschrieb. Weshalb

[1]) *J. Gerlach:* Das Verhältniß der Nerven zu den willkürlichen Muskeln u. s. w. Leipzig 1874.

[2]) *Canstatt*'s Jahresber. 1855.

*Gerlach* mit der Methode nicht zu Stande kam, wurde von *Aug. Ewald* gezeigt: es ist wichtig, die versilberten Muskelfasern erst in die Säure-Glycerinmischung zu legen, nachdem sie zuvor in Wasser am Lichte so dunkel geworden sind wie möglich und ferner von Bedeutung, die Anquellung unter dem leichten Drucke des Deckglases eintreten zu lassen, indem man die Säure langsam vom Rande desselben her zudringen läßt. Da die Erfahrung zeigt, welchen Einwänden derartige Methoden zu begegnen haben, die so oft nur von der Unlust der Vorgänger minutiöse, nach langem erfolgreichen Gebrauche anscheinend selbstverständliche Détails ausführlich zu erwähnen, provocirt sind, muss ich mir auch noch ein Wort über das *Cohnheim*'sche Verfahren gestatten. Ich schwenke die schon möglichst isolirten Muskelfasern erst durch 0,5 pCt. NaCl-lösung, dann einen Augenblick durch destillirtes Wasser, hierauf in Silberlösung von 1:1000, endlich wieder in Wasser. Bündel, welche dabei nicht gehörig in ihre Fasern auseinandergehen, sind nur zu besonderen Zwecken brauchbar; bringt es der Zufall, daß eine Anzahl parallel verklebter Fasern an den Oberflächen mit Nervenenden versehen war, so erhält man vortreffliche Situspräparate, während gar nichts von Nerven darin zu sehen ist, wenn diese sich zwischen den Verklebungsstellen befinden. Da es besonders Gefässe sind, welche das Lockern der Muskelfasern verhindern, so hat man auch Gelegenheit, den Gang der Silberimprägnation unter solchen fest über das Sarkolemm gezogenen Bedeckungen zu verfolgen. In der Silberlösung schrumpfen die Muskelfasern bekanntlich unter unregelmässigen Drehungen anfänglich stark und weiterhin wieder etwas während des Liegens in Wasser am Lichte, um so mehr, je dunkler sie dabei werden: der sublemmale Silberniederschlag bildet dabei einen mit stark nach innen einschneidenden Längsfalten versehenen Mantel, an welchem vielfach auch Querrunzeln vorkommen, die sich etwas in die Muskelscheiben hineindrücken. Tritt die genannte Säure-

mischung zu diesen Präparaten, so quellen sie nur soweit, als die Elasticität des faltigen Silbermantels, der eine wirkliche Niederschlagsmembran ist, es gestattet und bis zu einem Grade, der erstaunliche Uebereinstimmung mit dem Querdurchmesser frischer in Salzwasser oder Lymphe untersuchter Froschmuskelfasern, die kaum von Contraktur befallen sind und regelmässige, breitere Querstreifung haben, herstellt. Man kann zwar nicht gut dieselbe Muskelfaser vor und nach der Behandlung messen, als ich aber die Contouren einer Anzahl frischer Muskelfasern und solcher von Silberpräparaten, die ich zur weiteren Untersuchung für die zuverlässigen halte, mit dem Zeichenprisma copirte, konnte Niemand mir sagen, welche Zeichnung die einen oder die anderen darstellte. Es gehört dazu wohl eine gewisse Dicke oder Farbentiefe des Silbermantels, aber noch Etwas, worauf es vorzugsweise ankommt: die Muskelfaser soll an mehreren Stellen torquirt, abgeknickt oder sehr lang sein, während der braune Mantel keine erheblichen oder zahlreichen Risse haben darf. Von welcher hautartigen und elastischen Beschaffenheit der Mantel sei, sieht man an allen Enden der Muskelfasern, wo er sich oft zu einem mehrschichtigen, ringförmigen Bande zurückrollt, oder an seitlichen Rissen des Sarkolemms, da er nach Entfernung dieser äusseren Schutzbinde dem Drucke des quellenden Muskelinhaltes nachgiebt und nun zu einer seitlichen, kreisförmigen Bruchpforte aufplatzt, deren Rand wieder von einer eingerollten, dunklen Haut gebildet wird. Abgeknickte oder hier und da torquirte Fasern haben den Vortheil, dem quellenden Muskelinhalte nirgends einen Ausweg zu gestatten und in den glatten Zwischenräumen Muskelfasern von nahezu natürlicher Dicke darzustellen, deren weisse Nervensilhouetten auch kaum breiter eingeschnitten sind, als der Breite frischer hypolemmaler Nervenfasern entspricht. An solchen Präparaten geben Sarkolemm und Silbermantel allerdings nach längerem Liegen nach, während die Fasern sich unter

dem andauernden Drucke des Deckglases abflachen: die weisse Nervenzeichnung wird dann zu breit, weil sich die Lücke in der Silberschicht ausweitet, und der ganze Silbermantel wird in der Weise ausgereckt, dass er zahlreiche, den Querstreifen und häufig selbst den Längsgrenzen der Fleischprismen entsprechende, hellere Linien bekommt und zum Abbilde der feineren Structur des Muskels wird. In diesem Stadium können sich auch unnatürliche und trügerische Zeichnungen am Rande der Nervensilhouette entwickeln, die ich Pseudosilhouetten nennen will: Einrisse des Silberfutters unter dem Sarkolemm, in Gestalt kurzer, ein und mehrere Male rechtwinklig geknickter Aeste mit einer dem hypolemmalen Nerven zugewendeten Wurzel. Man muss diese an den feineren, davon ausgehenden, mit der Muskelquerstreifung parallelen Linien kenntlichen Kunstproducte haben entstehen sehen, um hier richtig deuten und dieselben von der anderweitig aus frischen oder vergoldeten Präparaten bekannten Nervenendigung trennen zu können. Zur dauernden Conservirung versilberter Muskeln pflegen wir die Präparate mit dem Deckglase ganz in Wasser zu versenken, dieses nach und nach durch Alkohol zu verdrängen, auf dieselbe Weise den Alkohol mit Terpentinöl, das letztere durch Balsam oder Dammarlack zu ersetzen, bei welchen Behandlungen Objectträger und Deckgläser gar nicht berührt oder aus der Lage gebracht und erst am Ende behutsam abgeputzt werden dürfen. Manches Präparat schrumpft dabei freilich zu sehr, es ist uns jedoch gelungen, viele in so gut wie völlig unveränderlichem Zustande zu fixiren, an welchen das Bild des Innervationsortes zwar nicht so elegant, wie an Fasern des Frischvolumens, die Einzeltheile aber bedeutend besser zu untersuchen sind, als an direct aus der Silberlösung kommenden, ungesäuerten Objecten.

Gegen die Silbermethode ist vor Kurzem von *Ranvier* eingewendet, sie lasse ausser den hypolemmalen auch die epilem-

malen Nervenfasern weiss auf dunklem Grunde hervortreten und beweise desshalb nichts bezüglich der Orientirung der einen oder anderen zum Sarkolemm. *Ranvier* wird sich inzwischen überzeugt haben, dass er nur berichtete, was *Cohnheim* lange vor ihm sogar abgebildet hatte und jetzt einsehen, dass er etwas zu Selbstverständliches betont habe, denn Was kann klarer sein, als dass eine der Muskelfaser angeschmiegte markhaltige Nervenfaser dem Hindringen des Silbersalzes an die Unterlage fast unüberwindliche Hindernisse entgegenstellt? Der Schwerpunkt der Argumentation, gegen die gekämpft wurde, liegt gar nicht in diesem Verhalten, sondern darin, dass der Silbermantel an Stellen fehlt, wo sich k e i n e markhaltigen Nerven befinden, sondern marklose, von denen man Verhinderung des Silberniederschlages nicht verstände, wenn sie dem Sarkolemm aufgelagert wären, während man die Sache sehr gut versteht, wenn sich dieselben als E i n l a g e r u n g e n an dem Orte und als Ausschnitte in dem Materiale, das zur Entstehung der Silberfällung nöthig ist, also u n t e r dem Sarkolemm befinden. Hätte *Ranvier* dies beachtet, so wäre ihm ein anderer Umstand nicht entgangen, der gewiss von Bedeutung ist, und den ich deshalb gerne nachtrage. Unter äusseren Auflagerungen, welche das Zudringen der Silberlösung hindern und desshalb aus ganz anderen Gründen, als die hypolemmalen Fasern Lücken im dunklen Untergrunde lassen, wüsste ich ausser Fett, das aus ähnlichen Gründen, wie Nervenmark wirkt, keine dem Muskel angeschmiegte Dinge zu nennen, denn Blutgefässe jeder Art sind dazu völlig ausser Stande, womit ich natürlich nicht gesagt haben will, dass nicht Spuren der Gefässumschlingung nach absichtlich verkürzter Silberwirkung auf der Muskelfaser als weisse Bänder erscheinen könnten. Einen gewissen und höchst beträchtlichen Grad der Silberzufuhr vorausgesetzt, sieht man zu seiner Ueberraschung, dass derselbe gar nichts fruchtet, um die farblosen Ausschnitte am Innervationsplatze zu verwischen: es kann also die sublemmale Mantelsubstanz,

welche die vom Lichte reducirbaren Silberverbindungen liefert, weder zwischen Sarkolemm und hypolemmalem Nerven, noch zwischen diesen und der Muskelsubstanz vorhanden sein, ein für den Innervationsvorgang ersichtlich beachtenswerther Umstand. Wir pflegen zwar die zu versilbernden Muskeln vorher in Salzwasser zu tauchen und ich zweifle nicht, dass das NaCl an der Dicke, Consistenz und Färbung der erzielten braunen Haut Antheil habe, es ist aber nicht unumgänglich und wird ebenso wie zuweilen Serum, mehr aus technischen Gründen angewendet. Das Silberbild gewährt also noch aus ganz anderen Gesichtspunkten, als den anfänglich vorherrschend gewesenen, Interesse und ich glaube jene besonders Denen empfehlen zu dürfen, die der *Cohnheim*'schen Methode nicht bedurften, um die hypolemmale Lage der Nervenenden für bewiesen zu halten, ebenso wie Denen, welche gerne selber neue Beweise unter stillschweigender Benutzung der alten dafür liefern. Freunden von Bildern, die mit einfachster „*formule*“ beweisend zu demonstriren sind, darf ich dagegen rathen, solche völlig isolirten und gut abgeschwenkten Muskelfasern zu nehmen, an denen man Das sieht, was *Ranvier* seither gewiss auch zu sehen bekam, nämlich einen flottirenden markhaltigen Nerven und eine weisse Silhouette nachweislich markloser Fasern, deren Entstehung kein Abstreifen oder Schütteln zu hindern vermag.

Der Silbermethode gab ich für die jetzigen Zwecke den Vorzug, weil sie mir gestattete, bei den Amphibien in mässiger Zeit viele hundert Präparate der motorischen Nervenendigung verschiedener Individuen und aus den verschiedensten Muskeln zu gewinnen, und weil die Bilder mit wenigen Ausnahmen die ganze Nervenendigung in unübertrefflicher Klarheit so übersehen lassen, dass Einem nicht leicht etwas davon entgeht. Goldpräparate haben zwar vor frischen denselben Vorzug, man hat sich aber bis jetzt zu wenig geeinigt über die für Muskeln vortheilhafteste

Abänderung der bekanntlich ebenfalls von *Cohnheim* zur Aufdeckung feinster markloser Nervenfasern erfundenen Methode, und keine binnen Kurzem so häufig zum Ziele führende Technik dafür anzugeben gewusst. Der einzige Missstand, den ich in der Silbermethode finde, ist der, dass zuweilen in der abgewendeten Seite der Muskelfaser gelegene Nervenendfasern wegen zu starker Bräunung übersehen werden[1]; doch lässt sich Dem im einzelnen Falle begegnen.

Ueber die Ergebnisse der erneueten Untersuchungen am Frosche kann ich mich kurz fassen, da die Abbildungen (Taf. I, Fig. 1—10) mich längerer Beschreibung entheben. — Fig. 1, ausnahmsweise einem Goldpräparate von einer sehr starken, hier ebenso wie die Nervenendfasern geschrumpften Muskelfaser entnommen, mag durch die Gestalten des geschwärzten Geästes, dessen Wurzeln in einer quer laufenden, epilemmalen, markhaltigen Faser liegen, zur Controle der folgenden Silberbilder dienen.

Die Silberpräparate wurden im möglichst frühen Zustande, bei annähernd richtigem Quellungsgrade gezeichnet, doch mögen die hypolemmalen Fasern an einigen Stellen der Deutlichkeit wegen etwas zu breit ausgefallen sein. In den kürzlich angefertigten Objecten fand ich das Mark der epilemmalen Aeste, aus welchen die Nervenendbüsche bestehen, noch so wenig deformirt, dass ich seine Grenzen und im Allgemeinen auch seine Einschnürungen abzuzeichnen vermochte; ich habe es nur etwas dunkler berandet und die ihm zur Seite liegenden *Schwann*'schen Kerne fortgelassen, um dem Bilde mit den einfachsten Mitteln die grösste

---

[1]) Bei Fig. 8 Tafel I ist es mir so gegangen: als ich das Präparat mit doppelter Nervenendigung an einer Muskelfaser (aus dem Froschsartorius) in dem Zustande conservirte, den es heute noch zeigt, fand sich die schmälere Faser bei *C* gewendet und ich sah zu dem abgebildeten Geäste noch eine erfreuliche Ergänzung desselben, welche jetzt sammt dem ersteren erkennbar ist.

Klarheit zu geben; aus demselben Grunde wurde auch der braune Grund des weissen Musters nicht ausgeführt.

Um des Gröberen zuerst zu gedenken, hebe ich Fig. 2, 8, 10 hervor, welche das bekannte Vorkommen der Innervationsorte an benachbarten Stellen verschiedener Muskelfasern zeigen, wie es namentlich an den kurzen Fasern des Gastrocnemius in deren Mitte so leicht zu finden ist. Fig. 8 und 10 zeigen dasselbe vom Sartorius und hier handelt es sich in beiden Fällen nicht um mittlere, sondern etwa um an der Grenze der gesammten Nervenendigung befindliche Orte der Muskelfasern. Welchen Muskel man auch nehmen möge, immer wird man bemerken, dass ein aus einem kurzen Fleischstreifen durch Zerlegung in seine Fasern erhaltenes Object zur Hoffnung berechtigt mehrere Nervenendigungen zu finden, wenn man erst mal eine gefunden hat. Fig. 8 und 8*A* aus dem Sartorius stellt in *B* und *B'* eine und dieselbe stärkere Muskelfaser dar, mit zwei, wie man sieht recht reich verästelten Nervenendigungen. Ich würde kein Wort dem Widerspruche widmen, welchen meine leicht zu bestätigende Angabe, dass an den längeren Froschmuskelfasern auch zwei und mehr Nervenendigungen vorkommen, gefunden haben, und noch weniger des Einwurfes gedenken, dass dies auf Verwechselung mit Capillaren beruhe, wenn nicht *du Bois-Reymond* sich berufen geglaubt hätte demselben weitere Verbreitung zu geben. *Du Bois-Reymond* möge es sich sagen lassen, dass er sich nach jenem Citate nicht beklagen dürfte, wenn ihm einmal etwa *Budge*'s electrophysiologische Arbeiten entgegengehalten würden; sollten ihn einige Zeichnungen, die ich vor 18 Jahren von in Salpetersäure und Kaliumchlorat macerirten Muskeln veröffentlichte, zu seiner Assistenz in dieser Angelegenheit veranlasst haben, was ich übrigens nicht einmal glaube, so ist dazu zu bemerken, dass es sich dort um damals räthselhafte Dinge handelte, die ich aber durch die spätere Entdeckung der

„Muskelspindeln" vollkommen aufklärte und zwar mit dem Nachweise, dass alle diese Figuren Nerven seien, was seither *Ranvier*, früher in seiner Art auch *Kölliker* bestätigte. Herr *Borel* und neuerdings Herr *Chittenden* haben auf meine Veranlassung viele Froschmuskeln wieder auf die mehrfachen Nervenendigungen durchsucht und namentlich in dem von mir aus naheliegenden Gründen immer bevorzugten Sartorius sehr häufig zwei, seltener drei, mehr als drei noch seltener constatirt, während sehr zahlreiche Nervenendigungen an einer Faser kürzlich wieder in *Tschiriew* einen Vertreter fanden, der die Amphibienmuskeln unter *Ranvier*'s Leitung untersuchte und darüber in den Compt. rend.[1]) berichtet, natürlich ohne zu sagen, dass die Thatsache vor ihm bekannt gewesen.

In Fig. 2 stellen *B* und *D* markhaltige Nervenfasern dar, deren hypolemmale Verästelung in nur einer Richtung dem Laufe der Muskelfaser folgt. Bei *B* verhinderte ein starker, auf dem Sarkolemm liegender Silberniederschlag, der bekanntlich öfter stört, die ersichtlich nur zum Theil zum Vorschein kommende Nervenendigung ganz zu erkennen, während der Reichthum des Geästes in *D* diesen Gedanken weniger aufkommen lässt. Indess begann auch hier die Unordnung im Präparate an der Stelle des rechten Randes der Zeichnung, so dass sich damit nicht sicher über das Vorkommen einseitiger Ausbreitung entscheiden liess. Es kann Zufall sein, aber ich habe an den allein entscheidenden, auf längere Strecken isolirten und vollkommen versilberten Muskelfasern dieses von anderer Seite schon behauptete Verhalten nicht gefunden.

Betrachtet man die ganze Reihe von Fig. 1—6 und 8—10, so fällt das trotz zahlreicher Modificationen immer wiederkehrende Bild unsymmetrischer Abgabelung auf, ein Bild, in solchem Grade charakteristisch, dass jeder Kenner des Objectes

[1]) Compt. rend. 22. Oct. 1878.

daran die Nervenendigung zu suchen gewohnt ist. Es sind die eigenthümlich, fast rechtwinklig abgeknickten Stäbe oder bajonettartigen Ansätze, die immer wiederkehren, und wenn man fast missrathene Präparate durcheinandergewälzter und verschlungener Muskelfasern, voll unbeabsichtigter schwarzer Auflagerungen und innen voll Risse und Lücken der seltsamsten Gestalt, vor sich hat, so findet man an Stellen, welche Andeutungen jenes Bildes bei schwacher Vergrösserung verrathen, beinahe unfehlbar einen markhaltigen Nerven in unmittelbarer Nähe. Wenn Einem der mikroskopische Anblick eines durch Diaphragmen eingeschränkten derartigen Bildes, an welchem weder Muskelsubstanz noch markführende Nerven kenntlich wären, gestattet würde, so könnte man ohne jede Gefahr widersprochen zu werden, erklären, dass die motorische Nervenendigung eines Amphibiums vorliege und ich bin jeden Augenblick im Stande an *Gerlach*'s Abbildungen misslungener Silberpräparate, die ihren Autor so hart gegen *Cohnheim*, wie vergesslich gegen *Henle*'s Erfahrung werden liessen, die Stellen zu bezeichnen, welche wirklich Nervenendigungen entsprechen.

Bevor ich zu weiteren Erörterungen der genannten Verästelungsweise übergehe, habe ich über die Endigung bei den nächsten Verwandten des Frosches zu berichten, von denen mir Triton cristatus und Salamandra maculosa in hinreichender Menge zur Verfügung standen. Die Versilberung gelingt hier nicht so leicht, einestheils weil die Muskelfasern durchschnittlich feiner und darum schwerer zu isoliren sind, so dass man sich in den meisten Fällen begnügen muss, Bündel mehrerer zugleich in das Silberbad zu bringen, andrerseits weil die epilemmalen Nerven zarter und die hypolemmalen vergänglicher, d. h. schneller veränderlich im Absterben sind. Das Letztere ist namentlich beim Salamander der Fall und ich habe versucht es durch Fig. 11 *A* und *B*, die im Stich leider etwas zu derbe ausgefallen sind, wiederzugeben. *A* stellt eine Endigung im Profilbild dar an

einer isolirten in NaCl von 0,5 pCt. liegenden Muskelfaser aus dem Hinterbeine, wie es sofort nach der Herrichtung (vielleicht schon etwas verändert) gefunden wurde, *B* den Anblick nach etwa 10 Minuten; wie man sieht hat sich die hypolemmale Endfaser zu einer Reihe aufgetriebener, blasiger Bildungen umgewandelt. Später weicht dieses Bild einem anderen, indem die Faser in lauter von einander getrennte Kugeln und unregelmässige Abschnürungsformen oder Klumpen übergeht, von denen sich oft eine Menge kleinerer seitlich loslösen oder als kleine Buckel, Wärzchen oder Kügelchen vorstülpen. Bei Triton entwickelt sich dieselbe Veränderung etwas später und nicht immer so mächtig, aber bei der Silberbehandlung doch oft in solchem Grade, dass die Zeichnungen denen der Salamandermuskel fast vollkommen gleichen. Ich zweifle kaum, dass durch diesen Vorgang auch die von *Tschiriew* von vergoldeten Salamandermuskeln erwähnten kleinen Auswüchse und Körnchen, an den hypolemmalen Nerven entstanden waren und kann den Wunsch nicht ganz unterdrücken, dass eine ähnliche Bildung, welche *Ciaccio* in Gestalt kurzer Nägelchen, an der freien Fläche vergoldeter electrischer Platten bei Torpedo fand, auf ihre Präexistenz von Neuem geprüft würden.

Durch dieses Verhalten erklärt sich jetzt das ganz eigenthümliche, unterbrochene Silberbild der Nervenendigung dieser Thiere, das ich beim Salamander (vergl. Tafel I, Fig. 12, 13, 14 u. 15) immer, beim Triton sehr häufig fand. Da es sich dabei um etwas Künstliches handelt, gebe ich vom Triton nur Fig. 11, welche natürlichere Verhältnisse darstellt. Im Voraus mache ich bei dieser Abbildung auf die Aehnlichkeit bezüglich der Verästelung mit der des Frosches und zugleich auf die zwar nicht immer, aber nicht selten vorkommende Abweichung aufmerksam, welche in der bogenförmigen Krümmung einzelner Aeste und dem Hinneigen der Enden des Bogens gegen die ge-

streckteren desselben nächsten Ursprunges besteht. Ist mit der Versilberung bei Triton nach dem Ablösen der Muskelstreifchen zu lange gewartet, so sieht man nichts mehr von continuirlichen farblosen Bändern in dem braunen Grunde, sondern nur Reihen unregelmässiger, heller Stücke, von eckiger oder wenig abgerundeter Form. Man lernt diese an der Gestalt, der Aufreihung und an der Anordnung der Reihen bald ebenso zum Führer nehmen, wie die vorhin geschilderten charakteristischen Formen des Frosches und daran den Ansatz der epilemmalen Fasern finden. Ausser diesen farblos ausgesparten Figuren kommen beim Triton noch höchst merkwürdige, einen Theil der hart unter dem Sarkolemm liegenden Muskelkerne umgebende oder davon ausgehende Zeichnungen vor, gewiss derselben Art, wie die von *Aug. Ewald* beim Frosche gefundenen, aber von derselben Ausdehnung und ebensolchem Reichthume der Verästelung, wie sie *Ciaccio* in den Muskeln von Torpedo abbildet. Diese ganz anders als hypolemmale Nerven zur Muskelaxe verlaufenden Ausstrahlungen können mit den hypolemmalen Nervenendfasern nicht verwechselt werden, weil die Verzweigung viel zu reich ist, an den Theilungen sehr zierliche dreieckige Knötchen enthält und die Gebilde sich überhaupt selten in die Nähe des Innervationsortes erstrecken, obwohl ihre Aeste zuweilen nach Millimetern zu messen sind. Bei Salamandern kommen dieselben Zeichnungen, jedoch spärlicher und von viel geringerer Ausdehnung vor.

Mit den Endbüschen des Frosches verglichen ist die Verästelung der praeterminalen und epilemmalen, markhaltigen Fasern bei den geschwänzten Batrachiern sehr vereinfacht und arm. *Engelmann*'s [1]) Angaben darüber fand ich durchaus bestätigt: das Zutreten einer einzigen, ausserhalb des Sarkolemms ungetheilt bleibenden Nervenfaser ist durchausnicht selten (vergl. Fig. 11,

---

[1]) *W. Engelmann*, Unters. ü. d. Zusammenhang von Nerv- u. Muskelfaser. Leipzig 1863. S. 23.

14 u. 15) und diese verläuft in der Regel fast rechtwinklig zur Muskelfaser. In andern Fällen scheint der dunkelberandete Strang nur ungetheilt, lässt aber in seinem fast ein Drittheil des Muskelfaserumfanges angeschmiegten Verlaufe kurze, seitlich abzweigende, markführende Aestchen als Wurzeln der nächsten winklig abgehenden, hypolemmalen Fasern erkennen (Fig. 12). Dass die epilemmalen Fasern bei Salamandern schon marklos werden, wie *Engelmann* angibt, habe ich nicht gesehen, doch ist die Markscheide hier selbst an dickeren Fasern auffallend dünn, in den feinsten begreiflich so zart, dass sie zur Zeit als man die $OsO_4$ noch nicht verwendete, leicht übersehen werden konnten, und ich gebe zu, dass die Entscheidung darüber selbst an sehr frischen Silberpräparaten nicht immer möglich ist; dagegen habe ich Schwärzung oder Graufärbung an $OsO_4$-Präparaten niemals vor dem Punkte vermisst, wo der Nerv in den wenig weiter vom letzten Theilungswinkel beginnenden, mit der Muskelfaseraxe fast parallel verlaufenden, hypolemmalen Antheil überging. Dass der letztere breiter ist, als beim Frosche, hat ebenfalls *Engelmann* schon richtig angegeben.

Da die hypolemmalen Nerven noch manche Theilungen eingehen können, wäre die Complication des epilemmalen Endbusches noch nicht maassgebend für die des hypolemmalen Geästes, es scheint aber überall einige Abhängigkeit dieses von jenem zu geben, denn die Verhältnisse der hypolemmalen Ausbreitung werden ersichtlich um so complicirter, je mehr Theilungen, gleichviel ob mit sehr kurzen oder längeren Aesten, nahe vor dem Uebergange durch das Sarkolemm zu finden sind: so ist es auch bei allen Wirbelthieren mit Nervenhügeln, deren Platten unter denselben Umständen labyrinthischer werden, unter den Amphibien so bei den Fröschen gegenüber den geschwänzten Batrachiern.

Die erfreulichste Vereinfachung des motorischen Endorgans fand ich bei Salamandra in dem vollständigen Mangel der End-

knospen, denen man auch bei Triton, wo sie ziemlich klein sind, nicht in solcher Menge begegnet, wie beim Frosche. Die wahrscheinlichste Ansicht über das Herkommen dieser Gebilde dürfte von *Engelmann* ausgesprochen sein, der sie für die restirenden Kerne der ehemaligen Bildungszellen des peripherischen Antheiles der Nervenfaser erklärte. Begreiflich wurden dieselben von Anatomen, die nur epilemmale Nerven kannten, für die Scheidenkerne marklos gewordener Nervenfasern gehalten, wie aber andere Forscher zu der nämlichen Auffassung kamen, welche meinen Befund hypolemmaler Fasern bestätigten, war nur zu verstehen, wenn man die *Schwann*'sche Scheide mit unter das Sarkolemm treten liess oder eine genau dem hypolemmalen Faserverlaufe folgende Längshälftung des Scheidenrohres annahm. Ausser *Trinchese*, der gegen das erstere kein Bedenken fand, hat sich Niemand über diese Voraussetzungen eingehender ausgesprochen, und wenn *Ciaccio* eine derselben *Ewald* zuschreibt, so ist dies ein Missverständniss. *Ranvier* scheint der von *Trinchese* bei Torpedo angenommenen Umhüllung der hypolemmalen Platte mit kernhaltigen Scheiden folgen zu wollen, indem er sog. „noyaux de l'arborisation“ auch an das nervöse Plattenlabyrinth der Nervenhügel verlegt, womit dann consequenter Weise der Gedanke, dass die Endknospen des Frosches dem die Fortsetzung der *Schwann*'schen Scheide bildenden Sarkolemm angehörten, aufgegeben wäre. Ich habe mich über die Endknospen um so eher in demselben Sinne wie *Engelmann* äussern können, als ich daran in günstigen Fällen (junge Frösche sind dazu besonders zu empfehlen) den festen Zusammenhang mit dem Axencylinder nachgewiesen hatte und darf diese Bildungen gegenwärtig für um so verschiedener von allen *Schwann*'schen Kernen erklären, als mir Herr *Chittenden* kürzlich Macerationspräparate vorlegte, an welchen die letzteren sich erhalten zeigten, während die zugehörigen hypolemmalen Nervenfasern sammt den Endknospen vollständig verschwunden waren.

Herr *Chittenden* wird darüber bald selber eingehend berichten und zeigen, dass man durch successive Behandlung isolirter Muskelfasern mit $OsO_4$, Alkohol und Trypsin leeres Sarkolemm mit einmündenden Nervenröhren erhält, welche nur noch aus *Schwann*'schen Hüllen, den Hornscheiden und geschwärzten Markscheiden bestehen.

Da die Endknospen nicht in, sondern an den hypolemmalen Endfasern liegen, so ist nicht ausgeschlossen, dass sie im entwickelten Zustande doch einer Hülle, nicht der Axencylindersubstanz zuzurechnen sind, nur wolle man dabei nicht vergessen, dass dies eine Art Scheide wäre, welche innerhalb der inneren Hornscheide oder Axencylinderscheide *Remak*'s und *Kuhnt*'s liegt und welche die einzige ist, von der an hypolemmalen Nerven die Rede sein könnte. Es ist hier nicht der Ort über diese Scheide (Axolemm), deren Existenz ich jetzt für erwiesen halte, eingehendere Erörterungen zu pflegen, aber ich muss darauf aufmerksam machen, dass wir genöthigt sind, die an vielen marklosen und sonst scheidenlosen blassen Nervenfibrillen vorkommenden Kerne (in der Harnblase, der Cornea u. s. w.) entweder in eine derartige Scheide oder doch in eine Rinde des Axencylinders zu verlegen, wenn wir nicht annehmen wollen, die leitende Faser sei durch sog. Nervenkerne jedesmal substantiell unterbrochen.

Welches Interesse die Endknospen nach Bau und Entwicklung in Anspruch nehmen mögen, so kann doch von ihnen hinsichtlich des Innervationsvorganges der Muskelfaser abgesehen werden, weil wir nun ausser den Endplatten in Nervenhügeln eine Nervenendigung mit hypolemmalen Fasern höchster Aehnlichkeit mit der des Frosches bei dem diesem nahe verwandten Salamander kennen, die frei von Endknospen ist. Daraus ist der wichtige Schluss zu ziehen: es gibt motorische Nervendigungen, welche bloss aus markfreien und kernlosen, direkt und ohne jedes Zwischenglied zwischen Sarko-

lemm und contraktilem Gewebe gebetteten Endfasern bestehen. Wir werden also den eigentlichen Innervationsapparat nur in diesem Theile der Nervenendigung zu suchen haben, und müssen uns fragen, von welcher Gestalt, von welchem Baue und von welcher chemischen Structur er sei.

*Du Bois-Reymond* hat sehr richtig bemerkt, in der Muskelinnervation falle die Hauptaufgabe der Histologie zu, und erkannt wie nothwendig es sei, die Uebereinstimmung der Endfasern oder -Platten mit den Axencylindern nachzuweisen, nur waren wir in der Lage den Hinweis erst wieder an die experimentelle Histologie, in welcher die Nervenphysik sich gefallen lassen muss Platz zu nehmen, zurückzugeben, da man ja von Axencylindern noch nicht wusste, ob ihnen das von *du Bois-Reymond* nur an markführenden Nerven gefundene electromotorische Verhalten zukomme oder nicht. Ich habe vorhin über die erfreuliche von *Steiner* und mir gefundene Uebereinstimmung des electromotorischen Verhaltens der marklosen Fasern des Hechtsolfactorius mit dem der gewöhnlichen Stämme des Frosches berichtet und muss darauf z. Zt. mehr Werth legen, als auf Alles, was sich von histochemischer Seite für die Gleichheit intra- und extravaginaler Axencylinder bis heute vorbringen liesse. Die Frage einseitig auf histochemischem Wege anzufassen halte ich sogar für gefährlich, denn es ist ein Leichtes zu zeigen, dass in ihren wichtigsten Functionen übereinstimmende Gewebe ganz verschiedenes chemisches Verhalten bekunden. Was anderes, als Differenz der chemischen Structur kann die Ursache sein, dass die hypolemmalen Nerven des Salamanders in einer Zeit und unter Umständen in Blasen und Kugeln zerfallen, während welcher die des Frosches noch continuirlich und höchstens etwas mehr angekerbt aussehen, wie sie es im frischesten Zustande schon zu sein scheinen? Wie viel mehr Neigung die Endplatten der übrigen Wirbelthiere zu solchem Zerfalle haben, ist bekannt und

verdient Beachtung, weil dieses hypolemmale Nervengeäst, das im erwachsenen Zustande allgemein der Endknospen entbehrt, darin dem knospenlosen des Salamanders gleicht, während das knospenarme der Tritonen die Erscheinung langsamer als dort, schneller als beim Frosche auftretend zeigt. Stellt der Knospenbesatz einen mehr oder minder erhaltenen embryonalen Zustand des Nerven vor, so rücken jene verdächtigen chemischen Differenzen auch unserem Verständnisse näher, denn Wer wird glauben, die leitenden Fasern eines foetalen Nerven seien chemisch identisch mit denen des erwachsenen?

Ausserdem erwäge man die chemischen Differenzen z. B. der Muskeln in der Thierreihe, die Verschiedenheit ihrer Coagulationstemperaturen oder derer der einzelnen contraktilen Protoplasmamassen, die gewiss nicht accessorische, sondern essentielle chemische Bestandtheile betreffen, um einzusehen, dass sich wahrscheinlich da mehr Differenzen als Uebereinstimmung enthüllen werden, wo wir die letztere suchen. *Rumpf*'s [1]) Arbeiten gewähren schon einen Einblick in die ausserordentlichen der Histochemie des Axencylinders entgegenstehenden Schwierigkeiten, um gegenwärtig grosse Hoffnungen auf die Gewebsanalyse setzen zu dürfen zur Erledigung der Frage nach der Uebereinstimmung epilemmaler und hypolemmaler Nerven, die überdies mit dem Missstande behaftet ist, dass wir die Ueberzeugung von der Präexistenz des Axencylinders mehr aus dem Verhalten von Anfang und Ende der markhaltigen Röhren, oder aus dem ihrer marklosen Stellen, als aus der genaueren Kenntniss ihres markumhüllten Inhaltes schöpfen.

Um zunächst von dem einfachsten motorischen Endgeäste der Amphibien zu reden, erlaube ich mir auf die von den Tritonen und Salamandern gegebenen Abbildungen zu verweisen. Unverkennbar ist daran trotz aller Abweichungen die Uebereinstimmung

---

1) Diese Unters. Bd. II. S. 137.

der Verästelungsweise mit der des Frosches: es ist dieselbe unsymmetrische Abgabelung, dasselbe fast parallele Hinziehen der Zinken jener Gabeln nebeneinander und wunderbarer Weise (vergl. Fig. 12 u. 14) die gleiche Anordnung zuweilen noch ausgeprägter so verwirklicht, wie es beim Frosche (Fig. 6) gelegentlich auch vorkommt, dass der epilemmale Nerv den Grundschenkel der Gabel hergiebt. Eine Anordnung, wie die fast schematisch aussehende von Fig. 12, die der erste Anblick kaum durch irgend etwas verhüllt, überall wiederkehren sieht, vermag ich nicht für bedeutungslos zu halten und wenn denn von diesen einfachsten, aller Zuthaten besonderer Endorganisation ermangelnden Fasern mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden darf, dass die electrischen Schwankungswellen sich bis an ihr äusserstes Ende fortsetzen, so wird zu überlegen sein, welche Folgen es für den Muskel habe, dass jene Wellen wegen der Bayonettknicke nirgends in 2 Parallelfasern mit gleicher Phase nebeneinander fortschreiten können. Ich kann hierin nur eine Einrichtung sehen, welche sämmtliche auf kürzestem Wege zu verbindende und nur durch Muskelsubstanz getrennte Punkte der Parallelfasern in allen Phasen der Wellen mit verschiedener electrischer Spannung versieht, die sich quer durch die Muskelrinde ausgleichen muss, was vielleicht das ganze Geheimniss der Innervation war. Ist die Wirkung des Nerven auf den Muskel eine electrische und keine andere, als die, deren jede Nervenfaser an sich fähig ist, so kann es nur in der Anordnung der Endfasern zu einander und zur Muskelsubstanz liegen, wenn da Effecte erzielt werden, die bisher jedem Summirungsverfahren unerreichbar geblieben, sowohl am angelegten Nerven, wie vollends am Muskel. Diese Anordnung ist aber zugleich eine solche, dass sich Effecte auf grössere Entfernung von ihr nicht erwarten lassen, da die Ausgleichung der Spannungen nur innerhalb der kürzesten Wege zwischen 2 phasisch verschiedenen Nervenstellen Ströme hinreichen-

der Dichte erzeugen wird, um Erregung zu veranlassen. Auf jenen Wegen liegt unter allen Umständen das Object dieser Erregung, nämlich Muskelsubstanz und zwar nur die der zugehörigen Muskelfaser. Wohl ist ein Ueberspringen der Erregung auf nächstliegende Muskelfasern, vollends auf vorbeiziehende Nervenfasern nicht undenkbar, wenn die Schwankungen der Erregungswellen hoch genug wären, es ist aber sehr fraglich ob dies jemals erreicht werde, während die Annäherung der hypolemmalen Nerven gegeneinander und deren Lage zur Muskelsubstanz es sehr begreiflich machen, wenn Spannungsausgleiche, die zu maximaler Muskelerregung genügen, keine Stromcurven auch nur für Nervenreizung ausreichender Dichte über das Sarkolemm hinaus gelangen lassen.

Für das Letztere kommt Einiges auf die Gestalt des Muskelquerschnittes an, über welche noch immer keine Einigung erzielt ist. Dieselbe wird vielfach für nicht kreisförmig oder elliptisch, sondern mehr für unregelmässig polygonal mit abgerundeten Winkeln gehalten und die Muskelfaser demnach nicht als cylindrisch, sondern als stumpf prismatisch angesehen. Da der Muskel eine weiche und veränderliche Masse ist, so kann von constanten Formen der Faserquerschnitte überhaupt nicht die Rede sein; die Gestalt muss von der Ruhe zum Tetanus wechseln und wird ausserdem nicht unabhängig von der Spannung und dem Drucke sein, den äussere Kräfte oder benachbarte Fasern darauf ausüben. Gegen das Sehnenende, das hier freilich niemals in Betracht kommt, schärft sich, meiner Meinung nach, jede nicht zur feinsten Spitze ausgezogene Muskelfaser, einseitig meisselförmig zu und ich halte die von *du Bois-Reymond* dort gefundenen Facetten für ein Attribut aller Muskelenden, selbst der mit vielen anscheinend kolbig anschwellenden Theilungen versehenen. *Du Bois-Reymond*'s Meinung, dass die Muskelfasern allgemein prismatisch seien, kann ich dagegen nicht zustimmen, weil ich die Berufung auf Querschnitte

gehärteter Muskeln für unzulässig halte. Wie der Querschnitt im Muskel beim Tetanus sei, wird schwer festzustellen sein, während es am ruhenden Muskel wohl Mittel gibt, sich darüber zu unterrichten. Isolirte lebende Muskelfasern sind ohne Frage zum grossen Theile cylindrisch, beim Frosche besonders die schmäleren; an anderen ergeben die Einstellungsversuche und der Anblick optischer Querschnitte umgebogener Fasern stark abgestumpfte prismatische Gestalt. Hiermit stimmt das Aussehen dünner Querschnitte gefrorener Muskeln überein, obwohl die Verhältnisse durch die Gegenwart anderer Fasern und der Zwischengewebe andere sind. Im Gegensatze zu *du Bois-Reymond* fand ich diese von *Cohnheim* und mir schon vor langer Zeit untersuchten und abgebildeten Schnitte sehr gut herstellbar, besonders, wenn man sie gleich vom Messer mit $OsO_4$ abspült, und ich muss darin die Fasern für sehr naturgemäss erhalten ansehen, weil rasches Gefrieren und Wiederaufthauen der Muskelsubstanz die Fähigkeit nimmt, wie ein Pilz aus dem Sarkolemm herauszuschiessen oder am Schnittende anzuschwellen. Man durchschneide einen gewöhnlichen Sartorius und einen gefrorenen nach dem Aufthauen mit dem Rasirmesser quer in zwei Hälften, um sich zu überzeugen, dass die des letzteren nicht mit dem dicken Wulste wie die des anderen zusammenstossen, sondern haarscharf aufeinander passen; wie sollen also die Muskeln dazu kommen, während des Schneidens im Eise oder nachher so missgestaltet zu werden, wie es *du Bois-Reymond*, der sie Elephantenbeinen vergleicht, angibt? Dass die $OsO_4$ die jeweilige Gestalt vieler von ihr betroffenen Gewebe und auch des Muskels trotz des Erhärtens zunächst vortrefflich erhält, bedarf in der Histologie keiner Erwähnung mehr; man kann das Reagens aber ganz entbehren, indem man einen dicken, unbedeckten Schnitt aus dem aufgethauten Sartorius bei mittlerer Vergrösserung im auffallenden Lichte betrachtet und in diesem findet man sehr viele Faserquerschnitte rundlich, andere

polygonal aber dennoch abgerundet, manche winklig-eckig und einige sogar ziemlich scharf dreieckig.

In cylindrischen Fasern des ruhenden Muskels haben die hypolemmalen Nerven den Vortheil, so an der Peripherie des Muskelfaserquerschnittes zu liegen, dass die kürzesten Wege zwischen ihnen als Sehnen in den Kreis fallen, gewiss eine zur Einschränkung des electrischen Vorganges auf die Muskelsubstanz höchst geeignete Einrichtung, die sich an prismatischen Fasern überall da noch vervollkommnet, wo die Nervenquerschnitte einen der Prismenwinkel zwischen sich nehmen, worauf bei jedem reichhaltigen Endgeäste gewiss zu rechnen ist. In andern Fällen werden die Nervenfasern allerdings einfach mit der Muskeloberfläche in einer Ebene liegen, aber in diesem Falle bleibt immer noch der Umstand zu beachten, dass dieselben im normalen Zustande vielleicht niemals jene leistenförmigen Ausbuchtungen des Sarkolemms bedingen, die man an isolirten Muskelfasern freilich öfter sieht, sondern wie in Falze der contraktilen Substanz gestrichen, von dieser zum grössten Theile umwallt, nicht eigentlich in einem Raume zwischen der Oberfläche der Muskelsubstanz und der Innenfläche des Sarkolemms Platz finden, wofür die bekannte Schwierigkeit, deutliche Profilbilder, wenigstens an ganz frischen Präparaten zu gewinnen, sehr entschieden spricht. Erwägt man dazu, dass *L. Hermann* den electrischen Querleitungswiderstand des Muskels 7mal grösser fand, als den der Längsrichtung, was sehr für besondere Widerstände an den Grenzen der Fasern und des Zwischengewebes spricht, so finden sich Einrichtungen in Menge, welche das Ueberspringen der Innervation an ihrem Platze von der zugehörigen Muskelfaser auf benachbarte erschweren müssen.

Hat die Form des hypolemmalen Geästes die ihr zugeschriebene Bedeutung, so sind die Maasse der Grundschenkel an den Gabeln oder die davon bedingten Entfernungen zwischen den Parallelfasern zu bestimmen. So weit es mir möglich war, habe ich dieselben

in den Abbildungen (Taf. I) treu zusammengetragen, aus welchen sie unter Beachtung der genau bestimmten Vergrösserung zu entnehmen sind. Darüber hinausgehende Angaben zu versuchen, schien mir fruchtlos, so lange ich die Maasse nicht von einer grösseren Anzahl frischer Objecte zu geben vermochte; doch halte ich mich überzeugt, dass die vorliegenden der Silberpräparate davon nur unbedeutend abweichen. Man sieht sogleich, welche beträchtlichen Schwankungen darin vorkommen, dass aber im Allgemeinen kurze Paralleläste nahe, längere weiter von einander entfernt verlaufen; die längeren können dem Nachtheile, grössere Leitungswiderstände zwischen sich zu finden, durch den Vortheil grösserer electrischer Differenzen und in der Längsrichtung der Muskelfaser länger fortschreitender Wirkung auf dieselbe begegnen. Alle vorkommenden, auf die Phasendifferenz der Schwankungswellen zielenden Maasse sind auf die von *Bernstein* angegebene Form und Länge der Wellen bezogen, augenscheinlich sehr klein, jedenfalls niemals auch nur annähernd solcher Grösse, dass in einem Aste irgend beträchtlichere Stücke der Welle ablaufen könnten, die in der Parallelfaser keine Begleitung fänden. Von der den Maassen des Grundschenkels entsprechenden Verspätung der Erregungswelle in der peripherischeren Parallelfaser ausgehend, kann man nur sagen, dass die Schwankungswelle sehr steil sein müsse, um genügende electrische Differenzen an den betreffenden Stellen der Parallelfasern zu erzeugen, und dieser Forderung scheint *Bernstein*'s Darstellung, in welcher der Anfangstheil fast senkrecht abfällt, durchaus zu entsprechen. Falls sich die Umkehr des Nervenstroms um die eigene Grösse für die Verhältnisse des unversehrten, mit dem natürlichen Ende versehenen Nerven aufrecht erhalten liesse, was freilich bezweifelt wird, würde natürlich kein Zinkenpaar der unsymmetrischen Gabeln dem Geschicke entgehen, fortlaufend mit Punkten versehen zu werden, welche jeweils umgekehrte Vorzeichen hätten, die

denkbar beste Einrichtung, um die dazwischen liegende Muskelbrücke fortlaufend quer gerichteten, electrischen Strömen auszusetzen. *Tschirjew*'s Nachweis, dass die Muskelfaser durch Querströme wahrscheinlich erregbarer ist, als durch längsgerichtete, fände hierbei vortreffliche Verwendung.

Die äusserste Mühe glaube ich aufgewendet zu haben, um festzustellen, ob bei den drei benutzten Species der Amphibien Nervenendigungen auch vorkämen, welche etwas der Bedeutung der unsymmetrischen Abgabelung nicht Entsprechendes oder Widersprechendes enthielten. Eines wird in dieser Richtung gleich zuzugeben sein, nämlich ein scheinbarer Ueberfluss, insofern es fast überall zu lange, überragende Gabelzinken gibt, deren ohne Begleitung fortgehendes Ende dem Principe nach verloren wäre. Namentlich an diesen habe ich, nach jenem von *du Bois-Reymond* bei Aufstellung seiner Hypothese geforderten Hinbiegen des äussersten Endes zur Muskelaxe gesucht, aber niemals die geringste Einkrümmung am Ende, oder Dellenbildung in die Muskelsubstanz gefunden, während ich in der Ebene der Muskeloberfläche verlaufende, meist der Parallelfaser zugewendete Neigungen öfter antraf, am häufigsten und ausgeprägtesten, wie schon erwähnt, bei Triton. Der schon erwähnte Fall (Fig. 8) scheinbar ganz verlorener, aller Parallelbegleitung entbehrender Fasern, enthüllt sich häufig der Art, dass auf der anderen Seite des Muskelfaserumfanges eine in gleicher Richtung laufende gefunden wird. Sollten wirklich solche Solitärfasern in seltneren Fällen vorkommen, so wäre dies, meine ich, auch als eine gelegentliche Abweichung oder als eine der den Organismen so häufig zukommenden, überflüssigen Einrichtungen anzusehen, welche die Entwicklung mit sich zu bringen vermag.

Die einfachste, am weitesten reducirte Nervenendigung, welche mir am Frosche vorgekommen, ist die der Fig. 2 *C*, geradezu ein Schema von derselben Uebersichtlichkeit, wie das vom Sala-

mander bereits erwähnte, und wenn ich sagen sollte, welche äusserste, das **ganze Gesetz der motorischen Nervenendigung** enthaltende Reduction ich für vorkommend halten könnte, worüber künftige Untersuchungen an geeigneten Amphibien vielleicht thatsächlich entscheiden werden, so würde ich es mit dieser Figur darstellen ┌──, während ich die Endigung mit einer hypolemmalen, unter irgendwelchem Winkel zur Muskelfaser gradlinig verlaufenden Nervenfaser, deren *du Bois-Reymond*'s Hypothese nur bedürfen würde, oder mit einer ⊤ förmig angesetzten für höchst unwahrscheinlich halten muss, was natürlich die Möglichkeit solcher Bildungen nicht ausschliesst, wo mehrere epilemmale Nerven nahe bei einander an die Muskelfaser gesetzt sind, wie dies bei vielen Wirbellosen vorkommt. Um nichts unversucht zu lassen, habe ich zahlreiche Silberpräparate von Muskeln sehr kleiner 2—4 cm. langer Frösche angefertigt, deren sehr schmale Muskelfasern zwar sehr selten vollkommen zu isoliren sind, aber in Bündeln zusammengefasst, manche brauchbare Präparate geben. Trotz der geringen Ausdehnung wurde hier das hypolemmale Geäst meist ebenso reich, wie bei ganz grossen Fröschen gefunden, das Verhältniss desselben zum Muskelfaserumfange ebenfalls = etwa $^1/_3$ und alle Nervenfasern entsprechend schmäler und kürzer, so dass also auch die Phasendifferenzen der Schwankungswellen in den Parallelenfasern kleiner sein müssen.

In Fig. 7 ist eine Froschmuskelfaser dargestellt der schmäleren, starkkörnigen Art, in welcher sich ein farbloses Bild auf Silbergrund fand, das etwas an hypolemmale Nerven mit Endknospen erinnert. Die Einrisse *a a'* am Rande der Muskelfaser bildeten auf längere Strecken die einzige Störung beim Suchen nach Nerven, von welchen weiterhin, an der übrigens nur in mässiger Länge (aus dem Sartorius) erhaltenen Faser nichts zu entdecken war. Ich weiss das Bild nicht zu deuten, da oberflächliche Muskelkerne, deren zwei *b b* ebenfalls farblos geblieben, beim Frosche nicht

solche lange Lücken im Silbermantel zu erzeugen pflegen. Sollte es sich hier um Degenerationsformen sowohl des Muskels, wie des Nervengeästes handeln, wie ich vermuthe, so bliebe grosse Vorsicht geboten, wenn wirklich einmal ausnahmsweise Formen gefunden würden, die ich vorhin für unwahrscheinlich erklärte.

Halten wir uns an das bis jetzt Gefundene, so gibt es bei den Amphibien kein hypolemmales Nervengeäst ohne Parallelfasern und nur unsymmetrische bayonettartige Abgabelung derselben von der Wurzel, keine symmetrische in Gestalt der Stimmgabel.

## Zur Nervenendigung bei den Wirbelthieren im Allgemeinen.

Abgesehen von den Fischen (mit Ausnahme der Rochen) sind jetzt überall, bei den Reptilien und Säugern mit Einschluss des Menschen durch mich, bei den Vögeln durch *Fischer* in den von *Rouget* gefundenen *Doyère*'schen Hügeln, statt der gradästigen und bayonettartig geknickten hypolemmalen Nerven, gekrümmte Geäste derselben, zu mehr oder minder labyrinthischen Platten auf kleinerem Raume zusammengedrängt gefunden. Als weitere Eigenthümlichkeiten des Plattengeästes fand ich: 1. die gekerbten, viel unregelmässiger als bei den Amphibien beschaffenen Ränder, 2. das Zurückranken der Aeste, 3. plattenartige Verbreiterungen derselben, 4. gelegentliche Bildungen von Anastomosen. Ich war zu diesen Befunden, die mir *Ranvier* erst zutraute, nachdem ich *Cohnheim*'s später gefertigte Silberbilder benützt haben sollte, gekommen, weil ich zuerst zufällig auf die interessanten, noch an die Amphibien erinnernden gestreckten Endplatten der Eidechse stiess. Hätte *Ranvier* meine erste Abhandlung, die er wunderbarer Weise, bei allem Streben nach Vollkommenheit in literarischen Angaben, ignorirte, nun endlich, nachdem ihn *Cohnheim* darauf in liebenswürdigster Weise unter Ablehnung des Geschenkes der motorischen Endplatten aufmerksam gemacht, gelesen, so würde

er sich überzeugt haben, dass weder er selber noch *Tschiriew* unter seiner Leitung etwas ganz Neues mit den einfacheren Formen des Nervengeästes bei Reptilien vorbrachte.

Diese Formen scheinen mir den Schlüssel zur Erkenntniss aller Formen des hypolemmalen Nervenapparates zu enthalten, indem sie einerseits zu den einfachsten des Frosches und Salamanders namentlich durch die Tritonen, andererseits zu denen der Platten höchster labyrinthischer Verwicklung hinleiten. Kommt es wesentlich auf die zwei Umstände an, dass 1. das Geäst die unzweifelhafte Fortsetzung und Endigung des Axencylinders eines centifrugal thätigen Nerven sei und dass 2. die Verästelungsweise Ablauf der Schwankungswellen in den nächst benachbarten Zweigen mit Phasendifferenz bewirke, so wüsste ich nicht, Was der terminalen Ausbreitung des Nerven selbst im electrischen Organe von Torpedo fehlte, oder Was dieselbe Neues einführte, um nicht auch diese für identisch mit der höchst entwickelten motorischen Endplatte halten zu müssen. Schon bei den Eidechsen kommen in den flacheren, kaum Prominenzen bildenden Nervenhügeln oder Höckern, relativ einfache und mehr gestreckte Gestalten der hypolemmalen Fasern vor, mit ziemlich parallelem Verlaufe, und es pflegt bei diesen Aesten erster Ordnung die Einrichtung zur Erzeugung der Phasendifferenz in dem Ursprunge zweier solcher Fasern aus verschieden langen epilemmalen und markhaltigen Nerven zu liegen, welche ihrerseits in einem Punkte des gemeinsamen Stammes wurzeln und oft in bemerkenswerther Weise sofort stark divergirend weiter zum Sarkolemm vordringen. Was aber auch diese gestreckteren hypolemmalen Endfasern von denen der Amphibien unterscheidet, sind die zahlreichen buckeligen oder gelappten Ansätze auf ihren Rändern, von denen je zwei wieder kürzere Endstückchen darstellen mit Ursprüngen verschiedener Entfernung von der Faser, aus welcher sie spriessen. Entweder nehmen diese Endläppchen ganz kurze Muskelbrücken zwischen sich, welche dann in der

Regel längsdurchströmt würden, oder sie dienen dazu, die bis zur nächsten, ihrerseits mit ebensolchen Auswüchsen entgegenkommenden Parallelfaser eingeschalteten Muskelstrecken zu vermindern[1]). Unverkennbar führt die nächste Complication dieser Form etwas Neues in den Lauf der Dinge ein, insofern die weiteren Gestaltungen bedingt werden durch Verkürzung der Endfaser, reichere Entwicklung der Lappen daran und durch ein Zurückranken gegen den eigenen Anfang. Obschon ich es bis jetzt weder bei Eidechsen noch bei Schlangen oder Schildkröten gesehen habe, muss ich unter den Nervenendigungen mit gekrümmten Fasern, sehr im Gegensatze zu den gestreckten der Amphibien, auch solche mit einer einzigen hypolemmalen Faser für möglich halten, wenn dieselbe gegen sich selbst zurück eine ungeschlossene Schleife bilden würde oder mit den genannten seitlichen Buckeln besetzt wäre[2]). Jene Schleife ist nun augenscheinlich die Grundlage aller auf den kleineren Raum des Nervenhügels zusammengedrängten Innervationsorgane und zahlreich sind die Bilder zu erhalten, die sie vollkommen enthüllen. Indem die Nervenästchen an ihrem Durchgange durch das Sarkolemm erst einer Theilung verfallen, bilden die beiden hypolemmalen Aeste zwei gegen einander rankende Bögen, zu welchen sich häufig ein dritter ungetheilt bleibender, einem anderen markhaltigen Aestchen entsprungener gesellt. Geht man in diesem schon einigermaassen verwickelten Bilde namentlich von den Läppchen, welche am meisten gegen einander neigen und die schmalsten Muskelstrecken zwischen sich fassen, aus und im Plattengeäste die kürzesten Wege zurück bis zum nächsten, beiden zukommenden Ursprungsorte, so findet man jene Strecken immer von hinreichend verschiedener Länge,

---

[1]) Abbildungen der vorgenannten Formen finden sich bei meiner Abhandlung in *Virchow*'s Archiv Bd. XXIX. Taf. XIV. Fig. 4 u. 5 — und in *Ranvier*'s Leçons etc. II. S. 322. Fig. 11.

[2]) Vergl. den Nachtrag.

um starke Phasendifferenz zwischen den die Muskelsubstanz berührenden Punkten annehmen zu dürfen, wenn die getheilte Schwankungswelle in sie gelangt.

An allen hier genannten Nervenendigungen bereitet scheinbar die Sohle mit ihren Kernen und Körnchenmassen der Muskelinnervation Hindernisse. Indess habe ich, auf Beobachtungen gestützt, von Anfang an geltend machen dürfen, dass die Besohlung des Plattengeästes unvollkommen sei und einzelnen Stellen desselben Freiheit lasse, die Muskelsubstanz direct zu berühren, wie dieses an den Rändern selbst der fast unauflösbare Labyrinthe bildenden Astwerke gewöhnlich, an zahlreichen Buckeln einfacherer und flacherer immer zu sehen ist. Hier findet in Wahrheit Das statt, was *du Bois-Reymond* von der gestreckten Endfaser, die er sich als Leiste auf der Muskeloberfläche dachte, verlangte: ein Hinneigen des Nervenendes zur Muskelsubstanz, aber nicht ganz in *du Bois-Reymond*'s Sinne, da der Ast sich nicht in der eigenen Ebene zur Muskelfaseraxe krümmt, sondern über die flache Kuppe der Sohle nach abwärts greift und sich der Muskelsubstanz anschmiegt. Da die Dicke der Sohle mit wachsender Höhe des Nervenhügels zunimmt, so wird es hiernach immer mehr Ausläufer des Geästes geben, welche sich stark umbiegen müssen, um bis zur Basis der Sohle zu gelangen und Dem entspricht das Bild, das man oft von Profilen des Nervenhügels erhält. Neuerdings bin ich der früher gehegten Zweifel, ob nicht ein Theil dieser fast radiär zur Muskelfaseraxe gestellten Stempel oder Läppchen von dem Dache der gewölbten Platte tief im Innern des Hügels, wie Streben zur Ebene der Sohlenbasis reiche, überhoben, da ich dieses Verhalten auch an Querschnitten fand. Es wird mein Bestreben sein, davon in Zukunft genaue Abbildungen zu geben, während ich jetzt nur die Methode der Beobachtung berühren will. Ich lege ausgebeinte Oberschenkel möglichst grosser Eidechsen mit dem Unterschenkel als Handhabe versehen, frisch

24—48 Stunden in $OsO_4$ von $^1/_2$ pCt. und weite die Zwischenräume der Muskeln von Zeit zu Zeit etwas auf, um die Säure besser eindringen zu lassen, wasche dieselbe fort, versenke das Präparat, nach dem zuerst von *Stricker* befolgten Verfahren, längere Zeit in eine starke Gummilösung und erhärte es allmählich in Alkohol. Der einzige Fehler solcher Präparate ist bekanntlich, dass sie steinhart sind, ich fand es aber nicht vortheilhaft dies durch Mischung von Glycerin zum Gummi zu vermeiden und bedauerte mehr die Messer, als die auf das Schneiden zu verwendende Mühe. In den natürlich auch manche Längs- und Schrägschnitte enthaltenden Objecten sind nur die dünnsten Muskelquerschnitte brauchbar, weil die andern zu dunkel olivenbraun aussehen. Wo ich Querschnitte von Nervenhügeln fand, gab es deren in der Regel mehrere nahe bei einander, und ich habe an einer ganzen Anzahl derselben bis jetzt schon die zierlichsten stempelartigen Fortsätze selbst von den höchsten Punkten der Halbmonde zum Rande der Muskelsubstanz reichen sehen. Natürlich bleibt man im Unklaren über die wahren Ursprünge derselben in der Hauptmasse der Platte, sowie über die Entfernungen ihrer Enden von den nächsten gemeinsamen Ursprungsstellen, man wird es aber mit mir wohl für recht wahrscheinlich halten, dass die letzteren nicht gleich seien. Glücklicher Weise ist die Beantwortung der Frage, ob die Platte dasselbe Princip verwirkliche, wie das Geäste der Amphibien, davon unabhängig, da die flacheren und weniger verwickelten Labyrinthe darüber bereits entschieden.

Einige Bedenken könnten im Bau der Platte noch die Anastomosen erregen, über deren Vorkommen meine und Anderer Untersuchungen keinen Zweifel lassen. Indess sehe ich nicht, dass Anastomosen gegen irgendwelche anatomische oder physiologische Forderung verstiessen, da der Reichthum der Platte an electrischen Innervationspunkten ihr schon einige dazu unverwendbare Flächen gestattet und diese auch als durchlöcherte Platten aufzufassenden Bildungen immer noch wirksame Ursprünge für ra-

diär zum Muskel oder für seitlich abgehende Lappen und Stempel geben können.

Die Substanz der Sohle hatte schon eingeladen, das motorische Innervationsorgan einer Drüse ähnlich zu halten; ich zweifle nicht, dass dieselbe, allgemein genommen, eine unwesentliche Zugabe sei, weil die Amphibien derselben entbehren und da ich mir nicht vorstellen will, deren Muskeln würden auf grundsätzlich andere Art innervirt, als die der Säuger, Vögel, Reptilien und Rochen. Wo die Sohle vorkommt, wird man indess mit ihr zu rechten haben, und zunächst daran denken müssen, dass sie zwar ein nothwendiges Ueberbleibsel der Entwicklung sein könne, aber dennoch Bedeutung für die speciellen Verhältnisse der Innervation an Nervenhügeln besitze. Ich kann mich des Gedankens nicht erwehren, dass dieses Futter unter und zwischen dem peripheren Schlagwerke des motorischen Nerven, das nur gewisse nervöse Punkte frei zum Muskel lässt, kein indifferenter Leiter sei, sondern ein stark polarisirbarer, im hohen Grade geeignet andere Theile des hypolemmalen Geästes von der Wirkung auf die contraktile Substanz auszuschliessen.

Zum Schlusse würde ich es unnatürlich finden hier nicht noch der, ihrem Baue nach, mit der motorischen Endplatte in so hohem Grade übereinstimmenden, am Ende des sog. electrischen Nerven von Torpedo befindlichen Einrichtungen zu gedenken. Hier ist die Uebereinstimmung der Art, dass sie nicht von Neuem hervorgehoben zu werden braucht. Ich weiss wohl, dass die Platten des Malopterurus sich weder nach *Bilharz*'s und *Max Schultze*'s Untersuchungen, noch nach denen ihrer zahlreichen Nachfolger den Aufstellungen *Ciaccio*'s für Torpedo fügen, glaube aber, dass die Erkenntniss der eigentlichen Nervenendigung beim Zitterwelse am wenigstens vorgedrungen ist, und muss daran erinnern, dass die möglicherweise vollkommene Verschmelzung leitender und contraktiler Gewebe niederer Thiere noch in electrischen Organen ein Nachbild

hinterlassen könnte. Beim Gymnotus scheinen mir nach *Sachs'* Abbildung[1]) wahre Nervenhügel an den electrischen Platten vorzukommen, deren Inhalt die Zukunft vielleicht übereinstimmend mit dem der motorischen enthüllen wird.

Bekanntlich verdanken wir *Babuchin* die Einsicht, dass die seit *Savi*'s, *Wagner*'s, *Kölliker*'s und *Bilharz*'s Arbeiten etwas in Verstoss gekommene Gallert-, Zwischen- oder Füllsubstanz vor den Nervenendplatten des electrischen Organes viel mehr zu berücksichtigen sei bei der Beurtheilung der ganzen Organisation und deren Wirkung, da sie es ist, welche den Rest des embryonalen Muskels darstellt, während die Platte, die so lange alle Aufmerksamkeit allein in Anspruch genommen, nur die Innervationsscheibe am einen Ende des um die Contraktilität gekommenen Muskels darstellt. Indem *du Bois-Reymond* diesen Gedanken auffasste und sich der localisirten Wirkung des motorischen Nervenendes erinnerte, erklärte er den Muskelrest des electrischen Organs als das nach aussen electrisch wirksame. Obschon von anderen Grundlagen ausgehend, glaube ich ihm darin beistimmen zu müssen, da ich mir nicht denken kann, dass die von dem nervösen Plattenlabyrinthe repräsentirte electrische Bürste zu den äusseren Wirkungen der electrischen Fische geeignet sei, wenn deren auch noch so viele hintereinander aufgereiht liegen. Jene Bürste ist nun da, wo dieses Object genauer bekannt geworden, endständig und überall an dem zur selben Seite gerichteten Ende der ehemals muskulösen Einheiten angebracht, die überdies sehr kurz und breit sind und an der ganzen Breitseite innervirt werden; die Verhältnisse könnten also so sein, wie wenn eine Muskelfaser mit stark umgreifender, höchst labyrinthischer Endplatte, unmittelbar zu beiden Seiten derselben quer abgeschnitten wäre; nach *Babuchin*'s Abbildungen, welche

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877. Taf. II Fig. 1.

die Querstreifen des unfertigen Organs überall senkrecht zum Nervenansatze zeigen, so dass die sog. Scheiben des Muskels der Innervationsfläche parallel liegen, sind sie aber so, wie wenn eine sehr kurze Muskelfaser nicht am Umfange, sondern am Sehnenansatze und an Stelle eines Sehnenendes eine motorische Nervenendigung von der Ausdehnung ihres grössten Querschnittes erhielte. Dies können wir mit einem Froschmuskel nachahmen, da die nervöse Erregung am Muskel künstlich ersetzbar ist; und indem wir das kürzeste noch anzufassende Muskelstückchen quer mit einem Nerven belegen, erhalten wir vom Muskelschlage secundäre Zuckung, wenn das Stückchen am Querschnitte gereizt wird.

Die sogenannte Gallert- oder Schleimsubstanz des reifen electrischen Organs ist nach *Sachs*' und *Babuchin*'s, für Gymnotus und Malopterurus übereinstimmenden Angaben durchzogen von fein ausstrahlenden Zellen mit Kernen, deren Protoplasma ausserordentlich vergänglich zu sein scheint. Ist dies der vom ehemaligen Muskel hinterlassene Rest, der nach *Babuchin* nur bei einigen pseudoelectrischen Organen noch mäandrisch verwälzte Fleischprismenschichten, bei den echten nichts Doppelbrechendes mehr enthält, so kann er für die Leitsubstanz des Muskels genommen werden, die mit dem Verluste jener geordneten Zumischungen die Contraktilität einbüsste, und nun rein als der electromotorisch wirksame Antheil des Muskels zurückblieb. Könnte man Muskelfasern Alles nehmen, was darin doppelbrechend und in bekannter Weise quergeschichtet ist, so würde Etwas übrig bleiben, das gewiss in der Consistenz und hinsichtlich der eingesprengten, leicht veränderlichen Zellen und Kerne, welche bei vielen Muskeln auch durch Protoplasmaausläufer verbunden sind, mit dem nicht nervösen Inhalte der Elemente eines electrischen Organes übereinstimmte. Der Schlag dieser Elemente würde, wie *du Bois-Reymond* es ausdrückte, von gleicher Ordnung mit der negativen Schwankung des Muskelstromes sein,

welche die secundäre Zuckung bewirkt, oder wie man für den stromlosen Muskel *Hermann*'s Lehre folgend hinzusetzen muss, mit dem Schlage der Actionsströme. Will man nicht der Vorstellung folgen, dass dieser Schlag im Muskel durch Umsatz zu Gunsten der erzielten Contraktion gedämpft werde, so würde das im Eingange dieser Abhandlung erwähnte, direkt erregte Muskelstückchen mit seiner secundären Wirkung, von welcher unsere Untersuchungen ausgingen, die vollkommene Nachahmung des elementaren Vorganges in den electrischen Organen enthalten. Muskeln sind aber ein electrisch unschuldiges Eingeweide und werden höchstens für leicht erregbare Nerven gefährliche Nachbarn, wenn sie gereizt werden um so mehr, je weniger wir dabei den natürlichen Verhältnissen folgen und je mehr wir sie selber entfalten und ihre natürliche Anordnung auflösen. Es wird also am Innervationsgange und an der Anordnung der Muskeln liegen, dass sie den electrischen Organen einiger Fische an äusserer Wirkung so erheblich nachstehen. An der Länge der Muskelfasern kann dies nicht liegen, da die kurzfaserige Muskulatur der Eidechsen und Fische, wie ich bemerkte, keine kräftigeren secundären Wirkungen erzielt, als die langfaserige. Dagegen muss es auffallen, dass electrische Organe nur bei Fischen und bei diesen nur in Körpergegenden vorkommen, wo Kurzfasrigkeit der Muskeln die Regel ist. Die durch quere Septa geschiedenen Scheiben der kurzfasrigen Fischmuskulatur haben an sich schon grosse Aehnlichkeit mit electrischen Organen; sollte ihre Unwirksamkeit nur darin liegen, dass die Schwankungswelle jeder einzelnen Faser zu schwach wäre? Ich glaube es nicht, sondern stelle mir vor, dass, wenn wir die motorischen Nerven mit ihren Enden durch die Septa an die Stellen der Muskelansätze, also an je ein Sehnenende der Muskelfasern führen könnten,[1]) die Schwankungswelle

[1]) Es scheint mir dringend nöthig die Fischmuskulatur überhaupt auf die hier vermuthete Endigungsweise der Nerven am Sehnenansatze zu untersuchen.

in allen Elementen des Muskels einsinnig verlaufen würde, womit die erste Annäherung an den Ablauf der electrischen Vorgänge im electrischen Organe erzielt wäre. Indess wäre damit noch nicht Alles erreicht, da eine Innervation, welche erst mittlere, dann kopfwärts und schwanzwärts gelegene Fleischblätter träfe, die Vortheile der Einsinnigkeit des Ablaufes der electrischen Vorgänge in den Elementen jedes Blattes wieder vernichten würde. Die Innervation einer grösseren Zahl von Muskelblättern muss also eine geregelte und successive sein,[1]) wie sie es in den electrischen Organen ist, denn Wer möchte zweifeln, dass die jederseits einzige, von *Bilharz* entdeckte Nervenfaser, welche unter regelmässiger Abgabelung das ganze electrische Organ des Malopterurus versorgt, in diesem Falle nur solche ganz bestimmte, zeitlich geregelte, successive Innervation der Platten zulässt? Die Natur hat uns hier das vollendetste Modell eines Apparates vor Augen geführt, dessen Innervationsgang nur von der Nervenleitungszeit abhängig ist. Was hier in solcher Vollkommenheit von der einen *Bilharz*'schen mächtigen Ganglienzelle mit dem einen Axencylinder erreicht wird, das dürften viele Ganglien mit ebensovielen Nerven durch die Ordnung der centralen Vorgänge leisten, denn, welche Aussagen ich auch zur Hand nahm, so scheinen alle Beobachter darin übereinzustimmen, dass die durch künstliche Nerven- oder Hirn- und Rückenmarksreizung in weniger geordneter Weise erzielten Entladungen der electrischen Fische weit hinter den natürlichen zurückstehen. Der Malopterurus, an dessen Stammfaser künstliche Erregung in der Lage wäre, die natürliche vollkommen zu ersetzen, müsste die Entscheidung über die Bedeutung des zeitlichen Verlaufes der Innervation von Platte zu Platte für die Macht der electrischen Entladung bringen.

Heidelberg, den 1. Juni 1879.

---

[1]) Dies dürfte auch für das Herz gelten, dessen eigenthümliche præsystolisch electrischen Wirkungen vielleicht von jener Succession bedingt werden.

## Nachtrag.

Zu S. 12 u. 13. *Hering* führt S. 9 seiner Arbeit (l. c.) das Verfahren, den Kreis des Muskelstromes durch indifferente Electroden zu schliessen, schon an und es war dieses, abgesehen von der unwesentlichen Leitung durch unpolarisirbare Zinke und einen Quecksilbercontakt, dasselbe, wie das nach S. 13 später von mir benutzte und zuweilen als günstig bezeichnete. Ich muss jedoch darauf aufmerksam machen, dass die Zuckungen bei jenen Ableitungsweisen mit zwei Thonen niemals von der Energie und vollkommenen Uebereinstimmung mit den nach Querschnittsbenetzungen seit lange bekannten sind, oder denen gleichkommen, die man in der von mir S. 12 geschilderten Weise erhält. Ueberdies hat das letztere Verfahren den Vortheil zu zeigen, dass ein mit seiner ganzen Schnittfläche und gewiss auch an einer Zone des Randes mit grösseren Flüssigkeitsmengen von geringem Leitungswiderstande bereits in Berührung befindlicher Muskel zuckt, sobald (ohne neue Berührung am Gewebe) eine neue Schliessung für den Muskelstrom hergestellt wird.

Zu S. 21—23. Die streng localisirten Zuckungen und tetanischen Contractionen einzelner Muskelfasern auf mächtige und sicher übermaximale electrische Reizung einzelner Punkte der Muskeloberfläche mittelst der unipolaren Methode bestätigen durchaus meine früher aus dem „Zweizipfelversuche“ erschlossene Wirkungslosigkeit aller Muskelerregung für den zutretenden Nerven. Da der Sartorius gablig getheilte Nervenfasern mit weit auseinander laufenden Aesten in großer Zahl enthält, durch welche Erregungen an viele entfernt liegende Muskelfasern rückwärts geleitet werden müßten, wenn nur ein Nervenende gereizt worden, so beweist das Ausbleiben dem entsprechender Zuckungen, daß der Erregungsvorgang in der That niemals vom Muskel auf den Nerven übergeht. Es scheint mir wichtig dies hervorzuheben, weil *du*

*Bois-Reymond* (Ges. Abhandl. II, S. 734) (freilich ohne Angabe von Gründen) es für gewagt hielt, aus dem Zipfelversuche den genannten Schluss zu ziehen.

Zu S. 86—88. So oft mir Schildkröten zur Verfügung kamen, habe ich deren Herzen zur secundären Erregung curaresirter und nicht vergifteter Froschsartorien benutzt und meine früheren Beobachtungen auch bei recht kleinen Exemplaren noch bestätigen können. Man braucht bei dem Versuche nicht zu besorgt zu sein, durch Erregungen in Folge des ruhenden Muskelstromes (des Sartorius) getäuscht zu werden, denn diese treten überhaupt selten und nur auf, wenn der Muskel seine Lage sehr schnell auf dem Herzen verändert oder stark ins Rutschen geräth. Das Schildkrötenherz schlägt einige Minuten nach dem Herausschneiden so langsam, dass jene Täuschungen vollkommen auszuschliessen sind, indem die secundären Contraktionen dann ganz in das Ende der langen Pause fallen, während welcher der Ventrikel keine Spur von Bewegungen erkennen lässt.

Den zeitlichen Verlauf der Herzcontraktionen habe ich zu bestimmen gesucht, indem ich die Spitze des Herzens mittelst eines feinen Drahthäkchens an den mit 2—3 grm. belasteten Schreibhebel des Myographions befestigte und das Herz an den Arterien so aufhing, dass die Vorhofscontraktionen ohne Einfluss blieben. Auf diese Weise wurden lange, sehr allmählich ansteigende, rascher abfallende Curven erhalten, mit folgenden Zeitverhältnissen.

Contraktionen des Ventrikels von Emys europæa.

| Unmittelbar nach schleuniger Herstellung des Präparats. | | 3—4 Min. später. | 5—8 Min. später. |
|---|---|---|---|
| Dauer der ganzen Currae . . . . | 0,71 Sec. | 1,41 Sec. | 1,5 Sec. |
| „ des ansteigenden Theiles . . | 0,44 „ | 0,85 „ | 0,95 „ |
| „ des absteigenden Theiles . . | 0,27 „ | 0,56 „ | 0,55 „ |
| „ der Pause . . . . . . . . | 0,39 „ | 1,63 „ | 1,82 „ |

Zu S. 107. Die Lehre von den sog. Neuromuskelzellen (vergl. *Kleinenberg:* Hydra, Leipzig 1872), welche sich trotz ihrer mangelhaften morphologischen und gänzlich unterbliebenen physiologisch-experimentellen Begründung längere Zeit besonderen Beifalles erfreute, wurde kürzlich von *O.* und *R. Hertwig* (Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen, Leipzig 1878), durch den Nachweis widerlegt, daß die fraglichen, übrigens schon von *Kœlliker* entdeckten „Epithelmuskelzellen" aus besonderer Quelle gewöhnliche Nerven erhalten und höchst wahrscheinlich gar nicht von den epithelialen Oberflächen erregt werden. Es wird hiervon jedoch die Frage, ob die nervöse Zuleitung bei den niederen Wirbellosen mittelst distincter Nervenenden oder durch continuirlichen Uebergang leitender in contractile Substanz erfolge, nicht betroffen, und ich glaube die letztere Möglichkeit um so mehr offen halten zu dürfen, als wir die Annahme solcher Uebergänge unbedenklich finden, wo Nerven zwar nicht Muskeln, aber andere irritabele, vom Axencylinderapparate gewiss verschieden fungirende Gebilde, z. B. Ganglienzellen erregen.

Zu S. 116 u. 132—134. Während des etwas verzögerten Druckes dieser Abhandlung ging mir die ausführlichere Veröffentlichung von *Tschiriew:* sur les terminaisons nerveuses dans les muscles striés (Archives de Physiol. norm. etc. 1879, T. VI, II[e] Série, S. 89), zu. Da in derselben Verlauf und Verästelungsweise der hypolemmalen Fasern bei Triton und Salamandra, abgesehen von einigen Verzerrungen, fast übereinstimmend mit meinen obigen Angaben beschrieben werden, sehe ich mich veranlasst, hervorzuheben dass meine histologischen Untersuchungen über diesen Gegenstand schon in diesem Frühjahre so weit abgeschlossen waren, dass Taf. I lange vor dem Erscheinen von *Tschiriew*'s Arbeit gedruckt werden konnte und auch in einzelnen Exemplaren an befreundete Fachgenossen abgegeben wurde. Hinsichtlich der feineren Structur des hypolemmalen Geästes liefern *Tschiriew*'s Abbildungen nach

Vergoldungspräparaten augenscheinlich in positiven Bildern eine Bestätigung der von mir durch Versilberung erhaltenen negativen Figuren, und eine Bemerkung (S. 111) des Verf. lässt erkennen, dass derselbe die erhaltenen mehr oder minder vollendeten Abschnürungsformen, deren Entstehung ich an frischen Präparaten verfolgte, ebenso für Kunstprodukte hält, wie ich selbst. Freilich stimmt damit die Ausführung *Tschiriew*'s (S. 94), wonach die von *Ranvier* empfohlene und als „côté original" besonders anerkennend hervorgehobene Behandlung der Objecte vor der Vergoldung mit Citronensaft, deren sich T. bediente, den Vorzug habe — „de n'altérer en aucune façon les éléments dont se composent les tissus, et de ne pas modifier leur forme et leurs rapports normaux" — durchaus nicht überein und ich kann daher die auf jene Methode allein hin constatirte, besondere Nervenendigungsweise „en grappes" nicht anerkennen, obwohl ich wenig dagegen habe, wenn man die Endläppchen des Plattengeästes bei *Testudo*, Anguis fragilis und Lacerta, die sich mir im frischen Zustande schon entsprechend präsentirten, als traubig bezeichnen will.

Von Lacerta gibt *Tschiriew* (l. c. Pl. 11, Fig. 6 u. 7) Abbildungen der vergoldeten Nervenendigung, die sich in Nichts von denen *Ewald*'s und *Fischer*'s, derer dabei mit keinem Worte Erwähnung geschieht, unterscheiden, und es bilden dieselben eine so vollkommene Bestätigung meiner ersten und ältesten Darstellung der gelappten Endplatten im Nervenhügel, zugleich mit vollkommen treu, überaus deutlich zweimal in jeder Figur vorkommender Darstellung der Anastomosenbildung, dass man nicht begreift, wie *Tschiriew* dazu kam, die letztere im Texte zu bestreiten und meine ihm unzweifelhaft bekannten Anrechte auf den gesammten Befund zu umgehen. Dasselbe gilt von *Tschiriew*'s Bestätigung meiner Beobachtung mehrfacher Nervenendigungen an einer Muskelfaser bei Amphibien, wo der Verfasser meine Angaben, die ihm mindestens aus *du Bois-Reymond*'s Abhandlungen bekannt sein

müssten, ebenso übergeht, wie er diejenigen *Engelmann*'s bei der Beschreibung markloser epilemmaler Nerven ignorirt. Ob vergoldete Präparate für das Vorkommen markloser Nervenstrecken vor dem Ansatze an die Muskelfaser, ganz maassgebend seien, erörtert *Tschiriew* nicht und er unterlässt es auch anzugeben, wie jene Nerven im frischen Zustande oder nach dem Behandeln mit $OsO_4$ aussehen, was über die Frage viel besser und vielleicht allein entscheiden würde.

S. 103 schreibt *Tschiriew* die Beobachtung, dass der hypolemmalen Nervenendigung bei den Amphibien, speciell beim Frosche eine granulirte Umgebung (gekörnte Sohle) fehle, fälschlich *Ranvier* zu, obwohl er hätte wissen können, dass ich dies bereits vor 15 Jahren gegen *Engelmann* erwies, und dass *Ewald* auch mittelst der hier unberechtigter Weise für wesentlich gehaltenen Goldmethode, lange vor *Ranvier* zu dem gleichen Resultate gekommen war.

Hiernach enthalten die von *Tschiriew* formulirten Schlusssätze nichts Erwiesenes, das über meine 1868 in *Stricker*'s Handbuch gegebene Zusammenstellung hinausginge, denn neu und von allgemeiner Bedeutung würde unter jenen Sätzen nur der sein, dass die hypolemmale Verästelung bei der Schildkröte reducirt vorkomme: „à une simple tige terminale, munie parfois d'un noyau". Dies widerspricht aber des Autors eigener Beschreibung und Abbildung, da die erstere überall die „grappes" schildert, die hier, wie mich die Untersuchung frischer Objecte von Emys und von Testudo lehrt, wirklich existiren, insofern die Endigung oft in Terminalfasern von mässiger Complication mit kurzen Seitenlappen besteht, und da *Tschiriew*'s Zeichnung (l. c. Pl. 11, Fig. 3), welche bei *a* die einfachsten Verhältnisse wiedergeben soll, nicht nur statt der „einfachen" eine T förmig getheilte, überdies im Verlaufe mit Läppchen besetzte Nervenfaser, sondern auch statt der einzigen, in unmittelbarer Nähe der bezeichneten, noch eine

zweite ebensolche darstellt, welche ersichtlich derselben Muskelfaser angehört.

---

## Erklärung zu Tafel I.

Mit Ausnahme von Fig. 16 sind sämmtliche Figuren mit dem *Oberhäuser*'schen Zeichnenprisma so copirt, dass sie zu Messungen dienen können, Fig. 11 u. 12 bei 440facher, die übrigen bei 160facher Vergrösserung.

Fig. 1. Goldpräparat aus dem Gastrocnemius des Frosches, nach *A. Ewald*'s Methode hergestellt, seit mehreren Jahren in Canadabalsam conservirt. Der markhaltige Nerv schlingt sich dicht um die Muskelfaser, an welche er vier Aeste erster Ordnung abgibt.

Alle folgenden Abbildungen bis Fig. 16 excl. beziehen sich auf Präparate der *Cohnheim*'schen Versilberungsmethode. Die als helle Silhouette auf braunem Grunde auftretenden Nervenendigungen wurden der einfacheren Herstellung wegen, in gewöhnlicher Contourenmanier dargestellt, die epilemmalen markhaltigen Nerven zur deutlicheren Unterscheidung, nach Art der frischen Nervenfasern charakterisirt, jedoch ohne Berücksichtigung der Scheidenkerne.

Fig. 2, 3, 4, 5 u. 6. Aus dem Gastrocnemius des Frosches: 1. *A*, *B*, *C*, *D*: vier durch Bindgewebe und Gefässe in situ erhaltene Muskelfasern; bei *B* war nur ein Theil der motorischen Nervenendigung sichtbar, die Gegend rechts durch Silberausscheidungen verdeckt.

Fig. 7. Schmale Muskelfaser aus dem M. Sartorius des Frosches; *a a* ringförmige Risse des Silbermantels, durch welche Muskelinhalt ausquillt, *b b* Muskelkerne, *c c* weisse, hypolemmalen Axencylindern mit Endknospen ähnliche Zeichnungen; in den benachbarten, mit vollkommenem Silbermantel versehenen Strecken der Muskelfaser finden sich keine Andeutungen von Nerven.

Fig. 8, 9 u. 10. Aus dem Sartorius des Frosches. *B B'*, Fig. 8, zwei Nervenendigungen an einer Muskelfaser. Das Präparat später in Balsam conservirt und zur Ansicht disponibel, besteht nur aus zwei Muskelfasern *B* und *C*, von mehr als 10 mm. Länge, obwohl die beiden Fasern wellig und in Spiralen umeinander gewunden verlaufen. In diesem Zustande liegt die in Fig. 8 an der Faser *B*, nahe dem einen Rissende befindliche Nervenendigung etwa 6 mm. von der in Fig. 8 *A* dargestellten Fortsetzung der Muskelfaser entfernt. Die schmale Faser *C* erhält nur die eine in Fig. 8 dargestellte Nervenausbreitung. In Fig. 8 *A* liegen die Nerven z. Th. an der unteren Fläche der cylindrischen, (nicht platt gedrückten) Muskelfaser und sind zur Unterscheidung von den oberen schraffirt. Fig. 10. Zwei Fasern des Sartorius in situ.

Fig. 11. Motorische Nervenendigung aus dem Oberschenkel von Triton cristatus. Die Endfasern neigen gegeneinander; Endknospen sehr klein. *a* Muskelkern. Vergrösserung 440.

Fig. 12, 13, 14 u. 15. Nervenendigung aus den Rumpf- und Schenkelmuskeln vom Salamandra maculosa (bei 13 u. 15 mehrere Muskelfasern in situ). Endknospen fehlen gänzlich. Die zu den einzelnen Muskelfasern tretenden markhaltigen Nerven sind sehr schmal und von sehr dünnen Markscheiden umhüllt. In Fig. 15 sind bei *a* unter schwächerer Vergrösserung dieselben Bildungen, wie in Fig. 12 bei stärkerer Vergrösserung zu erkennen, aus welchen die Perlschnurformen der hypolemmalen Axencylinder hervorgehen.

Fig. 16. *A* frische Muskelfaser von Salamandra in $^1/_2$ procentiger NaCl-Lösung. *B* dieselbe Stelle 10 Minuten später abgebildet, um das Auftreten der blasigen Abschnürungen an den Endfasern zu zeigen. (Syst. 9. v. *Benèche*, Oc. 3. v. *Hartnack*, ohne Zeichnenprisma und ohne genaue Berücksichtigung der Vergrösserung gezeichnet).

# Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern.

Von

**W. Kühne** und **J. Steiner.**

---

Histologische Untersuchungen des Axencylinders sind entweder von dem Verhalten des axialen Antheiles markhaltiger Nerven oder von dem markloser Nerven im Allgemeinen ausgegangen. In letzterem Falle wurde vorausgesetzt, dass Nervenfasern jeden Fundortes sich gleich verhielten und dass dem, wegen seiner verborgenen Lage in Markscheiden, am wenigsten bekannten Axencylinder alle Eigenschaften der von vorneherein marklos gefundenen zukämen. Unter den zur Vergleichung herangezogenen marklosen Fasern sind zu unterscheiden solche, welche nie und nirgends Markscheiden erhalten und solche, welche Einschaltungen, Wurzeln oder Ausstrahlungen markumhüllter Axencylinder darstellen. Als Object für letztere dienen vorzugsweise die marklosen Stellen an den Schnürringen gewöhnlicher markführender Nervenfasern, oder die Fasern im Hirn und im Rückenmarke, welche nur stellenweise mit Mark überzogen sind, ferner die noch marklosen Ursprünge von Wurzelfasern aus den Ganglienzellen, besonders der grossen Zellen in den vorderen Hörnern der grauen Rückenmarkssubstanz, endlich die peripherischen, das Mark meist plötzlich verlierenden Ausstrahlungen sensibler und motorischer Nerven z. B. in der Retina, in der Cornea und in den quergestreiften Muskelfasern. Hier ist die Auswahl eine

grosse, das Object aber zu manchen Untersuchungen schwer herzustellen. Unter den nirgends markführenden, vom Ende bis zum Ursprunge nur aus reinen Nervenfasern, wie man sagen könnte, höchstens mit Bindegewebe verunreinigten Nerven bieten sich dar: das gesammte Fasersystem der Wirbellosen, das von Petromyzon, der Riechnerv einiger Wirbelthiere, einzelne im centralen Nervensystem gelegene sog. graue Fasermassen, und viele sog. sympathische Nerven. — Die Nerven der Wirbellosen jetzt schon zur Entscheidung subtiler Fragen über das Verhalten des Axencylinders der Vertebraten heranzuziehen, scheint nicht rathsam, und von den übrigen genannten Objecten sind wiederum nur wenige zu allen Zwecken brauchbar; die Nerven von Petromyzon nicht, weil sie zu sehr in anderen Geweben vergraben liegen, die grauen sympathischen Fasern nicht, weil sie gewöhnlich von zu vielen markhaltigen begleitet werden.

Als Muster der beiderlei marklosen Nerven sind fürs erste die durchsichtigen Lagen von Opticusfasern in der vorderen Schicht der Retina, fürs zweite die grauen Bündel des Riechnerven anzusehen. Es ist bekannt, dass *M. Schultze*'s Lehre von der mikroskopischen Uebereinstimmung aller Nervenfasern wesentlich durch diese Objecte beeinflusst wurde, und man kann in der That nichts Aehnlicheres sehen, als geeignet zerfaserte Präparate des retinalen Sehnerven und des N. olfactorius. Gegen *Schultze* anzunehmen, dass die durchsichtigen Bündel feinster Fibrillen nach ihrem Eingange in die Markhüllen des Opticusstammes zu dicken, nicht fibrillären Axencylindern würden, schien um so weniger berechtigt, je mehr Anlass vorhanden ist die Zahl einzelner Leitfasern, womit der Opticus dem Hirne zugeht, möglichst gross zu denken. Desshalb wird die Concession ziemlich allgemein gemacht, dass *M. Schultze*'s Auffassung beim Opticus zutreffe. Für andere Nerven berief sich *Schultze* auf ähnliche Ausstrahlungen, die wenigstens schliesslich zu ebenso feinen Fibrillen würden.

Man kann hier die Nerven der Cornea geltend machen, bei denen man sich jedoch fragen muss, wie es komme, dass die ersten stärkeren Fortsetzungen am Rande der Membran, nach Verlust der Markscheide nicht die deutlich gestreiften Bänder zusammengefasster feinster, leicht varicöser Fibrillen darstellen, welche die gleiche Gegend des Opticus darbietet. Schon hier entsteht der Verdacht, dass die feinsten Terminalfibrillen gegen das Centrum und am Epithel der Cornea nicht durch Auffaserung präformirter Bündel, sondern durch substantielle Theilung dickerer Axencylinder entstanden seien. Dass aber überall die Dicke des Axencylinders von der Zahl der in ihm vereinigten Primitivfibrillen abhänge, war *Schultze*'s Meinung und es blieb darnach kaum Hoffnung irgendwo echte Theilungen zu constatiren. Für die motorischen Nerven machte *Schultze* das gestreifte Ansehen des centralen Axencylinderursprunges an den grossen Ganglienzellen der vorderen Hörner geltend und gewiss sind seine Angaben darüber, wie über den fibrillären Bau eines Rindentheiles dieser Zellen und an den zahlreichen Fortsätzen derselben richtig. Von allen Fortsätzen ist aber keiner so wenig streifig, wie grade der sog. Axencylinderfortsatz, und wenn Etwas an diesem Objecte dem gewohnten Bilde der Retina oder des Olfactorius gleicht, so ist es das Aussehen der getheilten Ausläufer, nicht das des Einen kegelförmig entspringenden. Ausserdem haben wir an isolirten Objecten jeder Art (aus dem Ochsenrückenmarke) bemerkt, dass der Axencylinder eine Strecke weit von seinem Ursprunge in dem Grade weniger streifig wird, als er sich verschmälert. Im Laufe der motorischen markhaltigen Nervenfaser sind Axencylinder von auffällig fibrillärem Aussehen auch nicht constatirt; wir geben zu, dass die an den Schnürringen sichtbar werdenden, markentblössten kurzen Brücken leichte Längsstreifung zeigen können, vermögen darin aber noch keinen Beweis für die geforderte Structur des Axencylinders zu erkennen, da man hier mehr von der inneren Hornscheide, als

von der von dieser eingeschlossenen nervösen Masse zu sehen bekommt. Was endlich unseres Erachtens zum Aufgeben von *Schultze*'s Lehre in deren Allgemeinheit zwingt, das ist das Verhalten der marklosen Ausstrahlung an der Peripherie des motorischen Nerven. Kein hypolemmales Nervengeäst zeigt fibrillären Bau, auch nicht unter dem Einflusse irgend eines der zur Erkennung desselben von *Schultze* vorgeschlagenen Mittel, während hier der Ort wäre, wo sich jene Structur am besten enthüllen müsste.

Es ist charakteristisch für die Entwicklung der Physiologie seit *Joh. Müller*'s Tode, dass die sehr verbreitete Auffassung vom Baue des wesentlichsten Antheiles aller Nervenfasern, welche der competenteste Histologe seiner Zeit vertrat, nicht einmal zum Widerspruche reizte, obgleich dieselbe einen fundamentalen Satz der gesammten Nervenphysiologie antastete. Da wir wissen, dass eine getheilte motorische Nerven(primitiv)faser Reize, welche nur einen der aus der Theilung entsprungenen Aeste erreichen, von der Theilungsstelle aus auf alle übrigen Aeste überträgt, so musste man entweder *Schultze*'s Hypothese modificiren und die Primitivfibrillen, obschon sie grade der Theilungen wegen angenommen waren, sich selber theilen lassen, oder den Satz von der isolirten Nervenleitung aufgeben. Zu der letzteren Umwälzung kann aber Niemand die Hand bieten, bezüglich der Fibrillen so wenig, wie hinsichtlich der stärkeren markhaltigen Fasern, denn wie wollen wir das Unterscheidungsvermögen unserer Retina begreifen, wenn einige erregte Fibrillen in den zum Opticus gehenden Bündeln auch nur ihre nächsten Nachbarn mit erregten, oder wie sollte dann noch die Einschränkung motorischer und sensibler Impulse auf gewisse Bahnen der centralen grauen Substanzen verstanden werden? Es bliebe so nur übrig den zu centrifugal leitenden, stärkeren Axencylindern vereinigter Fibrillen ein ganz abweichendes Verhalten zuzuschreiben,

oder den Zweizipfelversuch des Einen von uns für unzuverlässig zu halten. Der Versuch am gespaltenen Froschsartorius ist indess als demonstratives Experiment bereits so eingebürgert und jedes Einwandes enthoben, dass er das Experimentum crucis gegen die *Schultze*'sche Lehre bleibt. Nicht minder gilt dies von der Uebertragung des Versuches auf das electrische Organ des Malopterurus durch *Babuchin*, denn wenn dieselbe erfolgreich ist, was nicht bezweifelt wurde, so lehrt das Schlagen des ganzen vorderen Organabschnittes auf Reizung eines hinten herausgehenden Nervenästchens, das mit dem Stamme, wie mit allen kopfwärts gelegenen Aesten continuirlich verbunden ist, entweder (nach *Schultze*'s Hypothese) Flankenübertragung des Reizes weniger Fibrillen auf eine ungeheure Zahl benachbarter, oder in glänzendster Weise rückläufige Leitung durch die ganze, einzige Nervenprimitivfaser, welche *Bilharz* entdeckte. Es ist die Hoffnung nicht aufzugeben, dass noch einmal ein in Europa erreichbares Object gefunden werde, das den Zweizipfelversuch am Froschsartorius ersetze und zum weiteren Beweise der doppelsinnigen Nervenleitung an einer, wie beim electrischen Organe herauszuschälenden Primitivfaser, welche oberhalb Zweige abgibt, verwendbar werde.

Wohin einseitig mikroskopisch-anatomische Untersuchung führe, darüber dürfte das Schicksal der Annahme vom fibrillären Baue des Axencylinders belehrt haben, und die Folge wird vermuthlich lehren, dass auch einseitig physiologisch-experimentelle Bearbeitung der Nervenhistologie keine bessere Aussichten hat. Bei den ausserordentlichen Schwierigkeiten, womit die Untersuchung des markumhüllten Axencylinders zu kämpfen hat, haben wir es für erspriesslich gehalten, marklose Nervenstämme, unter denen wir leider nur über solche verfügten, die nicht aus markhaltigen hervorgehen, eingehenderen Untersuchungen zu unterwerfen. Von letzterem Umstande abgesehen, fanden wir ein unerwartet günstiges

Object in dem von *M. Schultze* so sorgfältig studirten N. olfactorius einiger Fische. Wie es scheint ist der Riechnerv der Fische überall marklos, wo er aus einem besonderen, vor dem Grosshirn gelegenen Lobus entspringt, während er da, wo jene Ganglienmassen peripher liegen, zwischen einem mehr oder minder weit aufwärts gelegenen Orte und dem Hirn einen zarten markhaltigen Strang bildet, wie dies z. B. bei der Barbe der Fall ist. Solche weisse Riechnerven scheinen im allerfrischesten Zustande schon kleinste Markvaricositäten zu besitzen, wenn man sie aber sofort in $OsO_4$ von 1 pCt. wirft, so findet man die äusseren und dem Schnitte nahen Fasern höchstens etwas knorrig contourirt, nicht mit wirklichen Markspindeln oder -Tropfen besetzt. Ins Innere dringt die härtende und fixirende Säure allerdings nicht rasch genug ein, um an den erstaunlich feinen, wahrscheinlich aller weiteren Einzelscheiden entbehrenden Fasern, die seit *Ehrenberg* bekannten Varicositäten zu verhindern. Unter den marklosen Riechnerven fanden wir keinen, namentlich für experimentelle Untersuchungen so geeignet, wie den des Hechtes; wir haben diesen besonders zur Feststellung des electromotorischen Verhaltens benützt.

## Der Nervus olfactorius des Hechtes.

Die Präparation dieses Nerven ist bei einiger Uebung keine schwierige und eine ziemlich schnell ausführbare Arbeit. Die zur Verwendung kommenden Hechte müssen etwa $^1/_2$ Meter lang sein; bei grösserer Länge des Fisches fällt auch die Länge des Geruchsnerven noch bedeutender aus. Man beginnt die Präparation damit, dass man den Hecht köpft. Der Kopf wird auf ein Handtuch gelegt, dessen Zipfel man ihm durch das Maul zieht, worauf er bequem zu fixiren ist. Die Schädeldecke, welche nach oben gerichtet ist, wird in der ganzen Mittelregion bis hinab zu den Nasenlöchern mit Hülfe eines gewöhnlichen Scalpells von

ihrer Haut entblösst; der Knochen, auf den man jetzt stösst, wird mit Hülfe der Knochenzange in gleicher Ausdehnung entfernt. Darunter befindet sich die Knorpellage, welche das Gebiet deckt. Der Knorpel ist von bläulich-weisser Farbe und durchscheinend, eine Eigenschaft, welche die Aufgabe, den vorderen Theil der Gehirnkapsel zu bestimmen und zunächst nur diesen zu eröffnen, erleichtert. In derselben findet man nach Entfernung einigen zarten, fettführenden Gewebes die beiden Grosshirnlappen, an deren vorderem, freien Rande sich zwei leichte Anschwellungen befinden, von denen aus man zwei dicht neben einander liegende, graue Nerven nach vorn hin verlaufen sieht: die beiden N. olfactorii. Trägt man mit dem Messer gegen die Nase hin die Knorpellage noch weiter ab, so übersieht man die beiden Nerven in ihrem ganzen Verlaufe bis zur Nase. Doch liegen sie nicht frei, sondern in einen knorpeligen Kanal eingeschlossen und zwar hirnwärts darin frei liegend, nasenwärts durch kurzes Bindegewebe fest angeheftet. Man erreicht seinen Zweck am besten, wenn man mit dem Messer den peripheren Theil des Kanals aufschneidet und den Nerven mit einer kleinen Scheere von dem umgebenden Bindegewebe loslöst, nachdem man das Geruchsorgan mit der Scheere herausgeschnitten und mit der Pincette gefasst hat. Nach dem Hirn vorgehend kommt man zuletzt an einen Punkt, wo der ganze Nerv mit dem Lobus olfactorius schwachem Zuge leicht folgt. Um ganz sicher zu gehen, kann man den Nerven vorher an seiner Grenze gegen den centralen Lobus hin quer durchschneiden.

Auf diese Weise erhält man ein Präparat, das aus dem Geruchsnerven und dessen peripherem Endorgan besteht. Nach Entfernung des letzteren kann man an dem Nerven immer zwei Theile unterscheiden: den centralen, der vollkommen durchscheinend ist und die Dicke des peripheren Theiles eines N. ischiadicus von mittelgrossen Fröschen hat, und den peripheren Theil,

welcher nicht so durchscheinend aber deutlich kolbig angeschwollen ist. Zum Versuche eignet sich nur der centrale Theil, nicht der periphere (aus noch zu erwähnenden Gründen), doch schneidet man den letzteren nicht ab, sondern benutzt ihn sehr bequem als Handhabe, um den Nerven Electroden anzulegen, umzuwenden u. s. w.

Die ganze Präparation nimmt 7—10 Minuten in Anspruch, während welcher Zeit der Kopf fast regelmässig seine rhythmischen Athembewegungen fortsetzt, sodass man den endlich frei präparirten Geruchsnerven als vollkommen überlebend betrachten darf.

## Electromotorische Wirksamkeit des N. olfactorius.

Es handelte sich zunächst darum, den marklosen Riechnerven auf seine electromotorische Wirksamkeit im Zustande der Ruhe zu prüfen, insbesondere zu ermitteln, ob das von *du Bois-Reymond* für den markhaltigen Nerven gefundene Gesetz des Nervenstromes[1]) für denselben Gültigkeit habe.

Als ableitende Electroden wurden *du Bois-Reymond*'s Thonstiefelelectroden verwendet, als Rheoskop eine *Wiedemann*'sche Bussole neuester Construction nach *du Bois-Reymond*; dieselbe war mit Hülfe des *Hauy*'schen Stabes nahezu aperiodisch gemacht. Ein *Daniell*'sches Element mittlerer Grösse diente als Maasskette und das Rheochord bestand aus einem Kupferdraht von einem Millimeter Durchmesser und 500 mm. Länge. Die Aufstellung aller dieser zum Messen electromotorischer Kräfte am Nerven nothwendigen Hülfsmittel entsprach den von *du Bois-Reymond* vorgeschriebenen Regeln[2]).

---

[1]) Unters. ü. thier. Electrct. Berlin 1879. Bd. II, S. 262.

[2]) Ges. Abhandl. zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. Leipzig 1875 u. 1877. Bd. I u. II.

## I.
### N. olfactorius des Hechtes.

| Bezeichnung der Ableitungspunkte. | Electromot. Kraft in Compensatorgr. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| I. Künstlicher Querschnitt und Mitte des natürlichen Längsschnittes. | 195 | Querschnitt negativ. |
| II. Künstlicher Querschnitt und ein dem Querschnitt näher gelegener Punkt des Längsschnittes. | 185 | Querschnitt negativ. |
| III. Zwei Punkte des Längsschnittes, ungleich weit vom Aequator entfernt. | 60 | Der dem Aequator näher gelegene positiv. |
| IV. Zwei zum Aequator symmetrische Punkte des Längsschnittes. | 3 | Also fast stromlos. |

Dies Beispiel zeigt, dass das für den markhaltigen Nerven aufgestellte Gesetz des Nervenstromes in gleicher Weise auch dem marklosen Nerven zukommt [1]).

Das weitere Interesse dieser Versuche knüpfte sich an die Frage, in welchem Verhältnisse die electromotorische Kraft des marklosen zu den markhaltigen Nerven des Fisches und besonders des Frosches steht.

Um die electromotorische Kraft des Riechnerven mit einem uns bekannten Werthe zu vergleichen, wird diejenige Combination hergestellt, welche *du Bois-Reymond* für diesen Zweck angegeben hat [2]). An die Stelle des Rheochords von Kupferdraht wurde ein solches von feinem Platindraht gesetzt in einer Länge von 1000 mm., dessen Graduationsconstante 0,0005 D. beträgt.

## II.
### N. olfactorius des Hechtes.

| Zeit. | Ausschlag in Skalentheilen. | Anzahl derselben. | Compensatorgrade. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 10 Uhr 16 Min. | 550—280 | 270 | 40 | |
| 10 „ 21 „ | 541—295 | 246 | 28 | |
| 10 „ 26 „ | 540—355 | 185 | 22 | |

[1]) Ein markloser Nerv des Krebses ist, wie *Funke*'s von *Grünhagen* herausgegebene Physiologie S. 485 angibt, schon electromotorisch wirksam gefunden worden. Die Originalnotiz war uns nicht zugänglich.

[2]) Ges. Abhandl. Bd. II. S. 234 und 238.

## III.

Olfactorius 1.

| Zeit. | Ausschlag in Skalentheilen. | Anzahl derselben. | Compensator-grade. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 10 Uhr 12 Min. | 485—80 | 405 | 33 | |
| **Olfactorius 2.** | | | | |
| 10 Uhr 32 Min. | 472—240 | 232 | 21 | |
| **IV.** | | | | |
| ? | 517—0 | 517 | 43 | |
| **V. Ein Ast des N. trigeminus des Hechtes** (von den Dimensionen eines peripheren Ischiadicusstückes des Frosches). | | | | |
| ? | 422—345 | 77 | 4 | |
| **VI. Nervus opticus des Hechtes** (sehr dicker, markhaltiger, flacher Nerv von ca. 2 mm. kleinstem Durchmesser). | | | | |
| ? | 420—60 | 360 | 22 | |
| **VII. N. ischiadicus des Frosches.** | | | | |
| ? | 378—291 | 87 | 12 | centrales Stück. |
| ? | 375—342 | 33 | 4 | peripheres Stück. |

Führt man nach den gewonnenen Resultaten, die alle auf Untersuchung möglichst frischer Nerven beruhen, die Rechnung aus, so erhält man:

| Bezeichnung des Nerven. | Electromotorische Kraft in *Daniell.* |
|---|---|
| N. olfactorius des Hechtes | |
| (höchster Werth) . . | 0.0215 |
| (niedrigster Werth) . | 0.0105 |
| N. ischiadicus des Frosches | |
| (centrales Stück) . . . | 0.0060 |
| (peripheres Stück) . .. | 0.0020 |
| N. trigeminus des Hechtes | 0.0020 |
| N. opticus des Hechtes . | 0.0100 |

Daraus ist zu ersehen, dass die electromotorische Kraft des marklosen Riechnerven des Hechtes bedeutend grösser ist, als die

eines markhaltigen Froschnerven. Betrachten wir selbst den Werth der electromotorischen Kraft für das centrale Ischiadicusstück, das grössere electromotorische Kraft besitzt, als das periphere, so ist jener immer noch nur halb so gross, als der niedrigste Werth für den Olfactorius. Ebenso ist zu entnehmen, dass auch der markhaltige Nerv desselben Fisches, der gewählte Ast des Trigeminus, welcher in seinen Dimensionen dem Riechnerven etwa gleichkam, ebenfalls eine viel geringere electromotorische Kraft besitzt, als jene. Erst der markhaltige N. opticus, dessen Querschnitt um viele Male grösser ist, als der des Olfactorius, erreicht den niedrigsten Werth, den wir für den Riechnerven berechnet haben.

Die Ueberlegenheit des Riechnerven über den Hüftnerven des Frosches bezüglich der electromotorischen Kraft lässt sich noch kürzer durch die Oppositionsmethode darthun, indem man die beiden Nerven in umgekehrtem Sinne in den ableitenden Kreis aufnimmt. Die Anordnung war so getroffen, dass zwischen die beiden Thonstiefelelectroden als dritte Electrode, die hierfür nöthig wird, ein auf einem Glasfuss ruhendes Säulchen desselben Modellirthones gesetzt wurde, der zur Herstellung auch der beiden anderen Electroden gedient hatte. Mit Hülfe dieser drei Electroden liess man den N. olfactorius des Hechtes und das centrale Stück des N. ischiadicus eines grossen Frosches in mehreren Versuchen gegen einander wirken. Stets überwog der Strom des N. olfactorius. Dieses Plus wurde jedesmal compensirt und konnte demnach ebenfalls in *Daniell*'s ausgedrückt werden.

### VIII.

Bei Opposition des Hechtolfactorius gegen das centrale Stück eines Froschischiadicus überwiegt die Kraft des ersteren um 15 mm. des Compensators, d. h. um 0,0075 D.

### IX.

In einem anderen gleichen Versuche überwiegt der Olfactorius um 5 mm., d. h. um 0,0025 D.

## X.

Bei der Opposition des Olfactorius gegen einen gleich dicken Trigeminusast des Hechtes überwiegt der erstere ein Mal um 36 mm., ein anderes Mal um 38 mm. des Compensators, d. h. um

0,0180 und 0,0190 D.

Es erscheint demnach erwiesen, dass der marklose N. olfactorius des Hechtes electromotorisch wirksamer ist, als markhaltige Nerven desselben Thieres, oder solche des Frosches von möglichst gleichen Dimensionen [1]).

Wenn man nach der Ursache der electromotorischen Ueberlegenheit des marklosen über den markhaltigen Nerven fragt, so kann man annehmen, dass entweder die specifische electromotorische Wirksamkeit der marklosen Nervenfaser eine grössere ist, als die des markhaltigen, oder man kann vermuthen, dass das Nervenmark der markhaltigen Nervenfaser selbst electromotorisch unwirksam und diese Kraft nur dem Axencylinder eigen wäre, sodass der gleiche anatomische Querschnitt eines marklosen und markhaltigen Nerven durchaus nicht ihren gewissermaassen electromotorischen Querschnitten entsprechen könnte, und es würde für den markhaltigen Nerven ein gleicher electromotorischer Querschnitt, wie ihn der marklose Nerv besitzt, erst dann erreicht sein, wenn der anatomische Querschnitt des ersteren den des letzteren um so viel übertrifft, als eben dort das Mark im Querschnitt einnimmt.

Letztere Erklärung, für welche wir uns entschieden haben, dürfte den Sachverhalt richtig treffen.

Die Folgerung, dass die electromotorische Wirksamkeit der markhaltigen Nerven nur dem Axencylinder ohne

[1]) Die Werthe, welche *du Bois-Reymond* (vergl. ges. Abhandl. S. 250) für die electromotorische Kraft des Froschnerven gefunden hat, übertreffen unsere Werthe sehr bedeutend. Wir durften aber gegen die grössten Berliner Frösche nur etwa mittelgrosse Frösche benutzen, deren n. ischiadic. ungefähr den gleichen Querschnitt wie der Riechnerv des Hechtes besassen.

Betheiligung des Nervenmarkes zukommt, glauben wir besonders hervorheben zu dürfen.

Um den Gang der zeitlichen Abnahme des Olfactoriusstromes zu sehen, wurden die folgenden Beobachtungen angestellt. Gleichzeitig sollte entschieden werden, ob die Anlegung eines neuen Querschnittes ein Wachsen der electromotorischen Kraft hervorruft.

### XI.

**N. olfactorius des Hechtes.**

| Zeit. | Ausschlag in Skalentheilen. | Anzahl derselben. | Compensatorgrade. |
|---|---|---|---|
| 10 Uhr 16 Min. | 550—280 | 270 | 40 |
| 10 „ 21 „ | 541—295 | 246 | 28 |
| Neue Anlage. | | | |
| 10 „ 36 „ | 522—415 | 107 | 8 |
| 10 „ 41 „ | 510—418 | 92 | 7 |
| 10 „ 48 „ | 495—420 | 75 | 5 |
| 10 „ 57 „ | 475—418 | 57 | 3 |
| Anfrischen des Querschnittes. | | | |
| 11 „ 4 „ | 462—170 | 392 | 55 |
| 11 „ 10 „ | 457—215 | 242 | 49 |
| 11 „ 25 „ | 438—310 | 118 | 26 |
| Anfrischen des Querschnittes. | | | |
| 11 „ 27 „ | 435—0—∞ | ? | 48 |

### XII.

| Zeit. | Ausschlag in Skalentheilen. | Anzahl derselben. | Compensatorgrade. |
|---|---|---|---|
| 10 Uhr 32 Min. | 472—240 | 232 | 21 |
| 10 „ 41 „ | ? | ? | 10 |
| 10 „ 52 „ | ? | ? | 4 |
| Anfrischen des Querschnittes. | | | |
| 10 „ 55 „ | 450—135 | 315 | 23 |

Dasselbe Verhalten, dass nach Anfrischen des Querschnittes der Strom wieder wächst, zeigen bekanntlich auch die markhaltigen Nerven [1]).

## Reizung des marklosen Nerven.

Die Anordnung für die folgende Versuchsreihe war die gleiche geblieben, nur wurden zur Reizung des Nerven an den letzteren ein Paar Kupferelectroden angelegt, die durch einen Schlüssel

[1]) *du Bois-Reymond.* Untersuch. ü. thier. Electrict. Bd. II. S. 283.

zur secundären Rolle eines Schlitteninductoriums führten, dessen Hauptkreis durch einen *Daniell* gespeist wurde. Für die negative Schwankung des marklosen Nerven bekamen wir sehr hohe Werthe, nachdem wir erkannt hatten, dass das periphere, kolbige Stück des N. olfactorius für die Reizung unbrauchbar sei und dass man die Reizelectroden weiter centralwärts dem Nerven anlegen müsse. Wir hatten uns in Vorversuchen aus naheliegenden Gründen möglichst weit von den ableitenden Electroden entfernt und waren in Folge davon an das wenig erregbare periphere Stück des Nerven gelangt, das bei der Präparation zu leiden pflegt. Controlversuche lehrten, dass die Vorsicht gegen Stromschleifen zu weit gegangen war und dass man den ableitenden Electroden ohne Gefahr weit näher rücken kann.

### XIII.

**N. olfactorius des Hechtes.**

Grosser Schlitten mit Eisenkern, *Helmholtz*'scher Vorrichtung und 1 Daniell im primären Kreise.

| Ruhestrom in Compensatorgr. | Schwankung des Stromes. | Grösse derselben in Skalentheil. | Rollenabstand am Schlitten in Centimet. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 23 | 500—560 | — 60 | 16 | Der Nerv war schon vorher zu einigen Ablesungen in Betreff der electromotorischen Kraft gebraucht! |
| | 510—600 | — 90 | 14 | |
| | 515—605 | — 90 | 12 | |
| | 495—590 | — 95 | Pole gewechselt | |
| | 497—523 | — 26 | 16 | |
| | 502—517 | — 15 | 17 | |
| | 506—509 | — 3 | 18 | |
| | 515—549 | — 34 | 14 | |
| | 518—554 | — 36 | 13 | |
| | 502—547 | — 45 | 12 | |
| | 521—541 | — 20 | 12 | nach 5 Minuten. |
| | 0 | 0 | nach Durchschneiden und Wiederankleben, selbst bei übereinandergeschobenen Rollen. | |

### XIV.

**N. olfactorius des Hechtes.**

| Ruhestrom in Compensatorgr. | Negative Schwankung. | Grösse derselben. | Rollenabstand am Schlitten in Centimet. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 36 | 530—549 | — 19 | 16 | |
| | 520—570 | — 50 | 14 | |
| | 540—654 | —114 | $6^1/_2$ | übereinandergesch. Rollen. |

## XV.

| Ruhestrom in Compensatorgr. | Negative Schwankung. | Grösse derselben. | Rollenabstand am Schlitten in Centimet. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| ? | 205—218 | — 15 | 16 | |
| | 215—251 | — 36 | 12 | |
| | 224—295 | — 71 | $6^1/_2$ | |
| | 230—300 | — 70 | $6^1/_2$ | |
| | 220—304 | — 84 | $6^1/_2$ | |
| | 230—276 | — 46 | 10 | nach einer Ruhepause. |

## XVI.

| Ruhestrom in Compensatorgr. | Negative Schwankung. | Grösse derselben. | Rollenabstand am Schlitten in Centimet. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| ? | 318—384 | — 66 | 10 | |
| | 348—408 | — 50 | 8 | |
| | 365—382 | — 17 | 16 | |
| | 378—440 | — 62 | $6^1/_2$ | |

## XVII.

**N. ischiadicus des Frosches** (Vergleich).

| Ruhestrom in Compensatorgr. | Negative Schwankung. | Grösse derselben. | Rollenabstand am Schlitten in Centimet. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 250—273 | — 23 | 12 | |
| | 254—280 | — 26 | 10 | |
| | 260—289 | — 29 | 8 | |
| | 264—294 | — 30 | $6^1/_2$ | |
| | 287—310 | — 23 | 16 | nach einer Ruhepause. |
| | 318—336 | — 18 | 12 | |
| | 322—338 | — 16 | Pole gewechselt | |

Die Werthe, welche wir in diesen Versuchen für die negative Schwankung der Geruchsnerven erhalten haben, sind sehr constant und von bedeutender Grösse. In Anbetracht der hohen electromotorischen Wirksamkeit des Riechnerven gilt, wenn wir das Resultat auf sämmtliche marklose Nervenfasern ausdehnen dürfen, auch für letztere die Regel, dass die negative Schwankung unter Anderen eine Function des sog. Ruhestromes ist.

Bei den hohen Werthen, die wir für die negative Schwankung des Riechnerven erhalten hatten, konnte man an die Möglichkeit denken, durch Tetanisiren des einen Nerven von einem zweiten ihm angelegten Nerven secundäre Wirkungen zu erhalten, ähnlich dem secundären Tetanus vom Muskel aus. Allein dieser Versuch ist, wie alle seine Vorgänger, missglückt, obgleich wir ihn unter den günstigsten Bedingungen angestellt haben. Es erscheint demnach

die Schwankungswelle des Nerven, im Gegensatz zu der des Muskels, nicht fähig, einen zweiten Nerven zu erregen.

Endlich wirkte die chemische Reizung mit concentrirter Kochsalzlösung und Glycerin ebenso wie bei den markhaltigen Nervenfasern: wurde concentrirte Kochsalzlösung an den Querschnitt des N. olfactorius gebracht, so sahen wir negative Schwankungen von 10—12, bei Glycerin von circa 5 Skalentheilen.

Die chemische Reizung ist offenbar auffallend wenig wirksam, aber man hat zu berücksichtigen, worauf auch schon früher aufmerksam gemacht worden ist (*du Bois-Reymond*), dass das chemische Agens in sehr ungleicher Zeit in die einzelnen Abtheilungen des Nerven eindringt und so niemals die totale Summe des Reizeffectes am Galvanometer zur Anschauung bringt.

## Der electrische Leitungswiderstand des N. olfactorius vom Hecht.

Die hier auszuführende Widerstandsbestimmung hatte nur den Sinn, den Widerstand des marklosen mit dem des markhaltigen Nerven zu vergleichen, um zu erfahren, welcher von beiden dem anderen überlegen, oder ob ihr Widerstand etwa gleich gross sei. Desshalb genügte es durch das Rheochord einen Strom abzuzweigen und den Ausschlag zu beobachten, einmal wenn der N. olfactorius stromlos in den Messkreis aufgenommen war und ein zweites Mal ein Hüftnerv des Frosches von gleicher Länge und möglichst gleichem Querschnitt. Das Resultat war folgendes:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N. olfactorius | | : 511—413 | = | 98 | Skalentheilen. |
| Frosch | ( periph. | : 511—400 | = | 111 | „ |
| „ | N. ichiad.) | : 511—404 | = | 107 | „ |
| „ | „ | : 514—410 | = | 104 | „ |
| N. olfactorius | | : 527—430 | = | 97 | „ |

Demnach wäre der Leitungswiderstand des marklosen Nerven grösser, als der des markhaltigen. Die Differenzen sind aber nicht bedeutend und wenn man die Schwierigkeit erwägt, beide Nerven ihrer Länge und ihrem Querschnitte nach vollkommen gleich zu erhalten, so erscheint es geboten, mit Vernachlässigung jener Differenz, den electrischen Leitungswiderstand in beiden Fasergattungen gleich zu setzen, aber wohlgemerkt nur für die hier ausgeführte Längsdurchströmung; wie sich das Verhältniss bei querer Durchströmung[1]) gestalte, haben wir nicht untersucht.

Aus dem Resultate dieser Widerstandsbestimmung würde zu folgern sein, dass der galvanische Leitungswiderstand von Nervenmark und Axencylindern ungefähr gleich ist.

---

Nach den vorstehenden Beobachtungen besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den electrischen Eigenschaften der marklosen und der markhaltigen Nerven weder in der Ruhe noch in der Thätigkeit, oder im gereizten und ungereizten Zustande. Dennoch fanden wir das sonstige, namentlich das histochemische Verhalten sehr verschieden von dem bisher dem markumhüllten Axencylinder zugeschriebenen.

Der von der stark alkalischen Lymphe durch gründliches Spülen mit Salzwasser möglichst gesäuberte Nerv gibt auf violettem Lackmuspapier oder gegen ein ebenso gefärbtes Gypstäfelchen gehalten, einen deutlich blauen Fleck. Wir haben uns nicht recht überzeugen können, dass sich die Reaction durch Reizung des Nerven am einen Ende ändere, oder dass derselbe nach 1—2tägigem Aufbewahren im feuchten Raume sauer werde. Nur wenn man die Nerven frisch oder abgestorben gegen die farbige Fläche zerquetscht, wird die blaue Reaction weniger deutlich, was auf alkalische Umhüllungen und eine weniger alkalische,

---

[1]) Vergl. *L. Hermann. Pflüger*'s Archiv 1872. Bd. V. S. 223 u. f.

vielleicht selbst saure Binnensubstanz deutet. *Gscheidlen*'s[1]) Beobachtungen an der frischen grauen Substanz des Hirnes und Rückenmarkes, sowie die von *Chodin*[2]) an der Kaninchenretina lassen mit der unsrigen zusammengehalten, der Meinung Raum, dass die eigentliche Nervenfaser, selbst lebend schwach sauer reagire. Unzweifelhaft ist eine Trübung des Olfactorius beim Absterben: der glashelle, oder wie man sagt, graue Nerve wird weiss. Dieselbe Veränderung erfolgt sehr rasch beim Eintauchen in NaCl von 0,75 pCt. von 45° C., was nicht in Uebereinstimmung mit der ziemlich langen Erhaltung der Erregbarkeit von Froschnerven bei dieser Temperatur steht.

Besondere Beachtung haben wir den Quellungserscheinungen des Olfactorius gewidmet, veranlasst durch die Beobachtungen des Einen von uns über die merkwürdige Anschwellung markumhüllter Axencylinder des Frosches in $OsO_4$ von 0,1—0,2 pCt. Die weitere Verfolgung dieser auffallenden Erscheinung ergab zunächst den Grund, weshalb sie früher nicht bemerkt worden. Es ist dazu sehr rasches Eindringen der Säure und einige Erleichterung des Quellens durch Entfernung der äusseren Hindernisse erforderlich. Man erzielt jene riesigen, in vielen Fällen die stärksten markhaltigen Nervenfasern um das 6fache an Dicke übertreffenden Axencylinder am Besten, indem man ein etwa 1 Centimeter langes Nervenstück von der Dicke einer Rückenmarkswurzel des Frosches rasch und stark, unter Herstellung vieler Querrisse in einem guten Tropfen der Säure zerfasert. Was dann von den Nervenfasern vereinzelt oder am Rande dünnerer Bündel liegt, verfällt der Quellung, sowohl am Marke[3]), wie im Axency-

[1]) *Pflüger*'s Arch. VIII. S. 171.

[2]) Wiener acad. Ber. 1877 19. Juli.

[3]) Am Marke wurde Aehnliches auch von *Ranvier* (Leçons. Syst. nerv. I. S. 72) beschrieben und Pl. I Fig. 8 abgebildet, doch müssen wir hervorheben, dass die von uns beobachtete Markquellung bis 10fach stärkere Verdickungen erzeugte, als *R.* abbildet.

linder und besonders sind es die queren Rissstellen, aus welchen die letzteren wie gewundene Därme heraustreten. Es wäre Niemand im Stande von diesen Gebilden zu sagen, was sie etwa seien, wenn man nur ein Stück davon, ohne den Zusammenhang mit der Ausmündung an der Markröhre zeigte: man würde eher auf eine der Zellen beraubte M. propria einer tubulösen Drüse verfallen, als auf etwas Nervöses; doch sind die Contouren für die meisten M. propriae nicht derbe genug. Wir haben uns sehr bestimmt überzeugen können, dass diese gequollenen Axencylinder eine eigene und sehr zarte Membran besitzen, sowohl an abgerissenen Enden, wo sich der Inhalt theilweise entleert hatte und ein fein gefaltetes Rohr hinterliess, wie an abgeknickten und abgewürgten Stellen. Behandlung mit sehr verdünnter Chromsäure oder mit Ammoniumbichromat erwies sich als das beste Mittel, den Inhalt etwas schrumpfen zu machen und die Membran als ein vollkommen glattes Häutchen abzuheben. Da Kalilauge von 1—5 pCt. den Inhalt, wie die Membran bald erweicht und zerfliessen lässt, so kann diese Membran nicht die innere Hornscheide sein; sie ist vielmehr eine neue Scheide, des an in einander gelegten Scheiden schon so reichen Nerven. Wir wollen sie als Axolemm bezeichnen und zweifeln nicht, dass auf dieses auch die gelegentlich an vergoldeten Endplatten und Endfasern in den Muskeln des Frosches von *A. Ewald* gefundenen[1]) farblosen Umsäumungen hypolemmaler Axencylinder zu beziehen seien, natürlich nicht, indem wir die bei *Ewald* abgebildete breite Umrahmung der schmalen und geschrumpften Faser für jene Scheide selbst halten, sondern in der Meinung, dass dort ein Hohlraum mit dem locker darin liegenden Schrumpfungsreste der Axencylinder von dem Axolemm umschlossen werde. Dieselbe Quellung, wie an Froschnerven, haben wir auch an denen der Fische, Reptilien

---

[1]) Vergl. *Pflüger's* Arch. XII. Taf. VII. Fig. 6.

und der Säuger gesehen und nicht nur an peripherischen Fasern und denen der sensibeln und motorischen Wurzeln, sondern noch viel ausgeprägter an den stärkeren, der *Schwann*'schen Scheide entbehrenden in der weissen Substanz des Rückenmarks, während sie dort um so mehr vermisst wurde, je feiner die markführenden Fasern waren. Ferner gelang es bei keinem Thiere etwas davon an den Fasern des Opticus[1]) zu erzeugen; ebenso wenig an dem markhaltigen N. olfactorius der Barbe.

Legt man dünne Nerven unzerfasert oder wenig gelockert 12—24 Stunden in $OsO_4$ von 0,1 pCt., so werden sie bekanntlich um so härter und schwärzer, je grösser die absolute Menge der Säure ist. Wir bemühten uns vergeblich, hieran nachträglich ähnliche Quellungen durch andere Mittel zu erzeugen; weder verdünnte Alkalien, $NH_3$ oder HCl von 1—2 p. m. schlugen dazu an. Andrerseits gelang es aber auch nicht, die einmal gequollenen Axencylinder, oder deren dicke aufgeschwollenen Markschwarten durch concentrirte $OsO_4$ oder durch starke Salzlösungen wieder zum Abschwellen und Schrumpfen zu bringen.

Ausser der $OsO_4$ wissen wir kein Mittel, um die beschriebene Quellung an frischen markhaltigen Nerven hervorzubringen, abgesehen allenfalls vom destillirten Wasser. Der Effect desselben ist zwar nicht entfernt mit den beschriebenen zu vergleichen, da das Mark sich in ganz anderer Weise verändert und der Axencylinder die von *Rumpf* genauer beschriebenen Wandlungen erleidet; es kamen aber zuweilen Rissstellen vor, wo der Axencylinder sich ebenfalls als stark geschwollenes, helles, von einer gespannten Membran umgebenes Gebilde hervordrängte. Un-

---

[1]) Im N. Opticus des Kaninchens und des Frosches scheint es constant einige wenige Fasern zu geben, welche eine Ausnahme machen und in $OsO_4$ quellbare Axencylinder enthalten; die Quellung derselben ist aber schwächer, als bei anderen Nerven.

wirksam in dieser Hinsicht, fanden wir namentlich HCl von 0,1—0,5 p. Ct.

Wären nun marklose Nervenfasern, wie sehr allgemein angenommen wird, vollkommen identisch mit markumhüllten Axencylindern, so müssten die ersteren durch verdünnte $OsO_4$ ebenfalls zum Quellen gebracht werden können. Wir haben bemerkt, dass sie in dem Reagens auch wirklich quellen und zwar etwa soviel wie in Wasser, wenn man sie genau in derselben Weise, wie es vom Froschnerven angegeben wurde, damit behandelt, und dieser Quellungsgrad scheint allen peripheren marklosen Nerven eigenthümlich. Auch hier dürfen nicht unzerfaserte Massen in eine grössere Menge der schwachen $OsO_4$ für länger eingelegt werden, wenn man nicht statt Quellung, schwache Schrumpfung sehen will. Die schmalsten, passend als Primitivbündel zu bezeichnenden Fibrillengruppen, die wir aus dem Hechtsolfactorius, ohne Zerstörung der feinen, von *M. Schultze* [1]) beschriebenen Scheiden, erhalten konnten, zeigten indess besten Falls Anschwellungen im Verhältniss von 2:3 des Durchmessers, ziemlich genau von dem Grade wie nach Einwirkung destillirten Wassers, und wir haben die Vermuthung, dass dieselbe gar nicht von den Fibrillen, an welchen, wenn diese wirklich isolirt sind, der Feinheit wegen keine Messung möglich ist, herrührt, sondern von einer Zwischensubstanz, die an den Präparaten in Gestalt zahlloser kleinster Bläschen bemerkbar wird. An Riss- und Schnittenden quillt diese Masse mit den Fibrillen in Form einer Kappe aus, deren Umfang indess höchstens das Doppelte von dem des Bündels erreicht und in welchem die Fibrillen, wie die Haare eines an der Spitze gesprengten Pinsels stehen. Vollkommen hiermit übereinstimmend, fanden wir das Verhalten der Bündel markloser Opticusfasern aus der vorderen Schicht der Froschretina, während an den markführenden Fibrillen

---

[1]) *M. Schultze*: Unters. ü. d. Bau der Nasenschleimhaut u. s. w. Halle 1862.

des Olfactorius der Barbe und an den feinsten markbesetzten Fasern des Gehirns und des Rückenmarkes nicht einmal schwache Quellung zu bemerken war. Das Letztere mag z. Th. auf der Unmöglichkeit beruhen, den Durchmesser jener feinen Fasern zu schätzen, was um so schwieriger wird, als die zahlreichen darauf sitzenden Markspindeln ähnliche Schwellungen erleiden, wie die Markschwarten der Stulpen gemeiner Nervenfasern; jedenfalls kommt aber an diesen den Charakter der Fibrillen tragenden vereinzelten Nerven, ebenso wenig wie an den Fibrillenbündeln eine auch nur entfernt an die Aufblähung der gewöhnlichen Axencylinder erinnernde Schwellung vor. Es ist dies ein neuer Grund den Axencylinder weder mit den wirklich vorkommenden, aus Fibrillenbündeln bestehenden Nerven, noch mit den feinsten, solche einzelne Fibrillen darstellenden nervösen Fädchen für vollkommen identisch zu halten: wir halten es daher für um so erfreulicher, dass es gelang, in einer anderen wesentlichen Beziehung, nämlich im electromotorischen Verhalten, dennoch Uebereinstimmung der beiden Nervenarten zu erweisen.

---

# Histochemische Untersuchungen über das Sarkolemm und einige verwandte Membranen.

Von **R. H. Chittenden.** Ph. B.
(aus New Haven. Conn. U. S. A.)

Hierzu Taf. II.

---

Das Sarkolemm hat bis heute weder in genetischer noch in histochemischer Beziehung eine gesicherte Stellung: es wird von Einigen als die Membran der embryonalen Zelle, aus welcher eine ganze Muskelfaser in letzter Instanz entstanden sein soll, von Anderen als Auflagerung aus dem Bindegewebe aufgefasst. Auch im letzteren Falle kann es die Zusammensetzung und das Verhalten von Zellhäuten besitzen, da die Zellen des Bindegewebes neben leimgebender und verkittender Substanz auch Membranen eigenthümlicher Elasticität, sowohl in Gestalt einseitiger, den Fibrillen zugewendeter Platten der Endothelien, wie geschlossener Säcke (an den Fettzellen) bilden. Dass das Sarkolemm nichts mit der Kittsubstanz des Bindegewebes gemein habe, zeigt seine Resistenz gegen verdünnte Alkalien, gegen Kalk- und Barytwasser und dass es kein Collagen sei, konnte man wissen, so lange als es bekannt ist, dass man in gekochtem Fleische, welches keine einzige Bindegewebsfibrille mehr enthält, noch Muskelfasern mit Sarkolemm findet. Wenn das Fleisch nach sehr verlängertem Kochen mit Wasser, oder mit Säuren aber schliesslich das Sarkolemm doch verlieren sollte, so würde dies Nichts für dessen collagene Natur beweisen, da unter denselben Umständen auch coagulirtes Albumin angegriffen, gelöst und selbst zersetzt wird. Die

Leimbildung kann ferner sehr befördert werden, ohne dass das Sarkolemm sich löst, wie dies am Besten aus *Kühne*'s Methode der Isolation von Muskelfasern in $H_2O$ von 40° C. hervorgeht, nachdem das Zwischenbindegewebe mit schwachen Säuren behandelt worden. Am entscheidendsten gegen die collagene Natur des Sarkolemms sind aber die Beobachtungen von *Ewald* und *Kühne*, nach welchen es von alkalischen oder neutralen Trypsinlösungen verdaut wird, während die Fibrillen des Bindegewebes durch dieses Mittel völlig unangreifbar sind.

Auf Veranlassung von Prof. *Kühne* habe ich die letztgenannten, bisher nur sehr kurz veröffentlichten Versuche über das Verhalten des Sarkolemms bei der Verdauung wiederholt und einige weitere Erfahrungen über die Beschaffenheit dieser und einiger verwandten Membranen und geformten Stoffe des Thierleibes zu sammeln gesucht. Es schien dies um so nothwendiger, als die jüngste Literatur des Gegenstandes beweist, wie wenig verbreitet die zur histologischen Verdauungsmethode erforderliche Uebung noch ist und welchen Missverständnissen die Gewebsanalyse noch begegnet. In dem Folgenden wird darum das Untersuchungsverfahren ausführlicher, als es durch *Ewald* und *Kühne* bis jetzt geschehen, mitgetheilt und die Verwendung der Resultate zu Schlüssen in histochemischer Beziehung zu begründen versucht werden.

## I. Verdaulichkeit des Sarkolemms.

### 1. Frisches Sarkolemm.

Als Verdauungsmittel wurde ausschliesslich Trypsin in neutraler oder in alkalischer 0,3 pCt. Soda enthaltender Lösung angewendet, da von der Pepsinverdauung wegen der gleichzeitigen Säurewirkung abgesehen werden musste. Die Trypsinlösung war nach *Kühne*'s Vorschriften[1]) aus fettfreiem Trockenpankreas mit

---

[1]) Vergl. Band I ds. Unters. S. 219.

Salicylsäure dargestellt und enthielt also stets etwas Natriumsalicylat. Wie das Benzoat wirkt auch das Salicylat etwas fäulnisswidrig, jedoch niemals zuverlässig und lange genug, um Thymolzusatz entbehrlich machen zu können; ich habe die fertige Lösung immer mit soviel einer 20 pCt. Lösung von Thymol in Alkohol geschüttelt, dass die Mischung 1 pCt. Thymol enthielt, was die Fäulniss auch bei wochenlanger Digestion vollkommen verhinderte. Die Wirksamkeit des Saftes war verschieden, je nach den verwendeten, im hiesigen Laboratorium vorräthig gehaltenen Trockenpankreas; es stellte sich heraus, dass eine Quantität desselben am schlechtesten wirkte, bei deren Darstellung die zerriebenen Drüsen nicht sofort in sehr bedeutende Mengen Alkohol gebracht waren. 1 Kilo Drüsenbrei soll erst in 12, zur zweiten Extraction in 8 Liter absoluten Alkohol gebracht werden.

Ob das Sarkolemm durch Trypsin verdaut werde, ist an einem ganzen Muskel schwer zu sehen. Ich versenkte frische Sartorien von sehr kleinen bis mittelgrossen Fröschen, an beiden Enden mit Fäden auf dem Objectträger befestigt, in die Lösung und untersuchte sie von Zeit zu Zeit. Anfänglich war Muskelverdauung ohne Benachtheiligung des Sarkolemms ganz unzweifelhaft, weil die in grobe Stücke zerbrochene, coagulirte Muskelsubstanz, welche flüssige, mit Körnchen erfüllte, verdaute Massen zwischen sich fasste, in den Schläuchen so zu bewegen war, dass auf Erhaltung dieser geschlossen werden konnte. Später, wo diese Erscheinungen wegfielen, waren geschlossene Röhren nicht mehr zu erkennen und auch nicht durch verdünnte Säuren, welche die bis dahin erhaltenen Fibrillen des Bindegewebes quellten, sichtbar zu machen.

Da *Ewald*'s und *Kühne*'s Angabe, dass frisches Sarkolemm verdaulich sei, vor einiger Zeit von *Froriep*[1]) bestritten worden,

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1878 S. 416.

scheint es mir nöthig, das Verfahren genau anzugeben, wie man sich von der Richtigkeit jener Beobachtung überzeugt. Eine möglichst lang isolirte Muskelfaser aus dem frischen Sartorius des Frosches wird als alleiniges Object unter dem Deckglase verdaut und nach vorsichtiger Reinigung von dem im Dunstbade entstandenen Wasserbeschlage, mikroskopisch untersucht. Nach 1—2 Stunden findet man das Sarkolemm als weit abstehende, mit Querfalten und welligen Rändern versehene, sackartige Umhüllung die viel schmäler gewordene Muskelsubstanz einschliessend, also die Membran nicht etwa in Gestalt zweier feiner Linien, wie *Froriep* meint, an welchen sich nichts entscheiden liesse, sondern als ein überaus deutliches Object, dessen weitere Veränderungen sehr gut zu verfolgen sind. Der unverdaute Muskelrest pflegt sich in diesem Sacke häufig zu verschieben, so dass der letztere auf weite Strecken leer wird oder an einem Ende unvollkommen erfüllt bleibt. In andern Fällen gleitet die muskulöse Axe ganz heraus und die Membran liegt irgendwo, meist am Ende daneben. Ich habe an derartigen Objecten ausnahmslos gesehen, dass das Sarkolemm in Fetzen zerfällt und schliesslich ganz verschwindet zu einer Zeit, wo es noch beträchtliche Reste unverdauter Muskelsubstanz gibt. Das Sarkolemm ist also leichter verdaulich als sein Inhalt. Dass die Verdauungszeit bei unserer Beobachtungsweise 2—6 Stunden beträgt, ist kein Gegengrund und nicht auffallend, weil der Vorgang in dem capillaren Raume unter dem Deckglase ausserordentlich verzögert wird, und es sich um Wirkungen langsam diffundirender Stoffe handelt. Jedermann weiss, wie schlecht eine Verdauung ohne Umrühren oder unter Umständen verläuft, wo das Object am Boden und schliesslich in eine fast syrupöse Lösung von Verdauungsproducten eingehüllt bleibt. Das Trypsin hat zwar vor dem Pepsin den Vortheil, seine Wirkung auch in solchen Lösungen fortzusetzen, dieselbe wird aber natürlich sehr beschleunigt, wenn man die darüber be-

findlichen Antheile des Enzyms durch Umrühren zur Betheiligung mit heranzieht. Muskelfasern aus einer gewöhnlichen, geschüttelten Verdauungsprobe nach 1—2 Stunden herausgenommen, zeigen übrigens kein Sarkolemm mehr, aber es kann dies nichts für die Verdaulichkeit der Hülle beweisen, weil dieselbe abgeglitten, unkenntlich zusammengeballt, oder gar nicht mit in's mikroskopische Object gelangt sein könnte. Ich darf dem gegenüber auf die Sicherheit der Beobachtung nach der Verdauung unter dem Deckglase aufmerksam machen, die keinen Zweifel über die Verdaulichkeit frischen Sarkolemms in neutralem oder schwach alkalischem Trypsin lässt. Freilich erfordert das Verfahren Geduld und es kann auch missglücken, wenn sich so viel Tyrosin ausscheidet, dass das Object unklar wird; doch ist dieser Missstand zu verhüten, indem man nur gründlichst ausgedaute Trypsinlösungen, die längere Zeit kalt gestanden haben und von dem grössten Tyrosingehalte befreit sind, verwendet. Schliesslich habe ich nicht versäumt den Versuch mit zuvor gekochter, alkalischer Trypsinlösung anzustellen, um dem Verdachte, dass es sich um Alkaliwirkung handelte, zu begegnen, und ich brauche kaum zu sagen, dass sich das Sarkolemm sammt seinem Inhalte darin nach mehrtägiger Digestion unveränderlich zeigte.

**2. Mit Alkohol behandeltes Sarkolemm.**

Für unsere Zwecke vortrefflich und in grosser Länge isolirbar fand ich die Fasern eines Froschsartorius, den ich durch an die Enden befestigte Fäden in einer Glasröhre ausgespannt, 24 Stunden in absolutem Alkohol gehärtet und darauf mit Wasser ausgewaschen hatte. Die steifen, langen Muskelfasern, die ich durch Spalten und Aufreissen erhielt, hatten häufig noch ein sehniges Ende, zunächst meist mit einem langen Stücke leeren Sarkolemms versehen, oder boten anderswo grössere nur von dem Schlauche gebildete Unterbrechungen. Zu jeder Verdauung wurde nur eine solche Faser unter dem Deckglase ausgebreitet. In

der Regel zeigten diese Präparate nach einstündiger Verdauung die schon beschriebene merkwürdige Umwandlung des glatten Schlauches zu einem faltigen Sacke und man konnte sich hier überzeugen, dass diese weit abstehende Röhre nicht etwa deshalb zum Vorschein kam, weil die Muskelsubstanz entsprechend schmäler geworden war, sondern einen wirklich erweiterten Schlauch von offenbar ganz anderer Elasticität, als der des ursprünglichen oder mit Alkohol behandelten Sarkolemms darstellte. Die Erscheinung stellte sich sowohl in neutraler, wie in schwach alkalischer Trypsinlösung ein, je nach der Güte der Verdauungsmischung in 1—2 Stunden. Nach weiterer Verdauung wurde das umgewandelte Sarkolemm gelöst, etwa wie von den frischen Präparaten. Indess sind meine Erfahrungen wegen der leichteren Herstellbarkeit des letzteren Objectes und wegen der Eleganz desselben umfangreicher als an dem frischen; unter dem Deckglase gelang es das Sarkolemm mit den besten Trypsinlösungen schon in einer Stunde aufzulösen, während noch ein beträchtlicher muskulöser Rest übrig geblieben war; mit schlechteren Lösungen dauerte dies 8—20 Stunden. *Froriep* hat sich also auch darin geirrt, dass er das mit Alkohol behandelte Sarkolemm für unverdaulich hielt, aber seine Angaben erklären sich insofern, als längere Behandlung mit Alkohol die Membran wenigstens schwerer verdaulich macht, denn ich fand, dass dieselbe Trypsinlösung, welche die Fasern der 24 Stunden in Alkohol gelegten Muskeln in 1 Stunde des Sarkolemms beraubte, dazu 4 Stunden an Muskelfasern bedurfte, welche 4 Wochen in absolutem Alkohol aufbewahrt waren.

Die Verdauung der Muskelsubstanz wird durch vorgängige Behandlung mit Alkohol ausserordentlich verlangsamt.

### 3. Mit Osmiumsäure behandeltes Sarkolemm.

Mit oder ohne Spannung in $OsO_4$ gelegte Muskelfasern erleiden eine eigenthümliche, von dem Grade der Einwirkung ab-

hängige Veränderung, welche die Verdaulichkeit der Muskelsubstanz nicht vermindert, die des Sarkolemms vollkommen aufhebt. Indem ich gespannte Sartorien in $OsO_4$ von 0,5 pCt. legte, erhielt ich von der Oberfläche auf längere Strecken isolirbare Muskelfasern, die durch einen Ueberschuss des Reagens sehr intensiv gebräunt waren. An diesen wurde das Sarkolemm auch durch 8tägige Trypsinwirkung nicht mehr verändert, während die Muskelsubstanz sich spätestens in 12 Stunden ganz auflöste. In der verdünnten oder in einer unzureichenden absoluten Menge der Säure gelegene Muskelfasern fand ich leichter verdaulich, wie frische, aber das Sarkolemm nahm höchstens jene veränderte Elasticität an, durch welche es faltig wird und sich in die schon erwähnte, weit abstehende, sackartige Scheide verwandelt. In diesem Zustande bleibt es gegen die energischste und ausgedehnteste Trypsinverdauung resistent. Wie es scheint gehört nur geringe Verlängerung der $OsO_4$-Wirkung dazu, um auch diese Veränderung zu verhindern und man erhält dann ein Object, aus welchem das Trypsin die Muskelsubstanz ohne alle Schädigung des Sarkolemms entfernt. Hierin hat *Froriep* sich nicht geirrt und es beruhen darauf die hübschen Bilder, welche er durch Verdauung von Muskeln und deren Querschnitten erhielt, welche nichts enthielten, als collagene Fibrillen des Bindegewebes und Sarkolemm. Ich fand das Verfahren ausserdem ganz vorzüglich, um den Zusammenhang der Nerven mit den Muskeln oder des Sarkolemms mit der *Schwann*'schen Nervenscheide darzustellen, denn man hat es dabei in der Hand, lange ungefaltete, nur mit dünner, vollkommen ungetrübter Verdauungsflüssigkeit gefüllte Sarkolemmschläuche herzustellen, denen die Nervenscheiden als communicirende Röhren ansitzen, also dasjenige Präparat von grosser Sauberkeit und mit Ausschluss aller störenden Gewebe zu gewinnen, welches *Kühne*'s Darstellung vom Uebergange des Nerven zum Muskel demonstrirt. Es mag dazu gleich erwähnt

werden, dass ich überhaupt in keinem Punkte Abweichungen zwischen dem Verhalten des häutigen Antheiles der *Schwann*'schen Scheide und des Sarkolemms bemerken konnte, da nicht nur jene, frisch oder nach Alkoholbehandlung in Trypsin so verdaulich ist, wie es *Ewald* und *Kühne* angeben, sondern auch alle später von mir zu erweisenden Eigenthümlichkeiten des Sarkolemms in gleicher Weise an der *Schwann*'schen Scheide constatirt wurden. Die Abbildungen Fig. 4—6 zeigen mit Nerven besetzte Sarkolemme, deren Inhalt mehr oder minder vollständig entfernt worden. Natürlich schliessen die *Schwann*'schen Scheiden noch die vollkommen unverdaulichen Hornscheiden und das von der $OsO_4$ gefärbte Mark ein; unerwarteter Weise fand ich darin auch die Kerne noch erhalten, in Gestalt vergrösserter, sehr klarer Bläschen, während die Nervenendknospen, welche von *Kölliker*, *Ciaccio* und einigen anderen Mikroskopikern fälschlich für ebensolche Kerne ausgegeben wurden, mit den hypolemmalen Axencylindern vollständig verschwunden waren. Diese von *Kühne* als mit dem Axencylinder verbunden gefundenen Gebilde sind also auch in chemischer Beziehung etwas wesentlich Anderes; als die Kerne *Schwann*'scher Scheiden, wie dies schon in morphologischer Beziehung *Engelmann* anerkannt und neuerdings von *Ranvier*, der sie „noyaux de l'arborisation" nennt, zugegeben wurde. Wie der Axencylinder aus den markführenden Scheiden nach der $OsO_4$- (und Alkohol-) Behandlung durch Trypsinverdauung lange vor der Muskelsubstanz schwindet, so werden auch die hypolemmalen Endfasern des Nerven sammt den Knospen schon vermisst, bevor die Muskelsubstanz ihrer Nachbarschaft sich verändert zeigt. Bei den Verdauungsversuchen an längeren, isolirten Muskelfasern des Froschsartorius stiess ich nicht gerade selten auf Präparate, wo die Faser, im Abstande von mehr als 1 Cm. zuweilen, zwei Nervenendigungen aufwies.

Mit Osmiumsäure und mit Alkohol behandeltes Sarko-

lemm habe ich vielfach untersucht, weil es besonders bequem war, die aus der ersteren kommenden Muskeln nach dem Waschen mit Wasser in Alkohol aufzubewahren und weil sich dieselben dann von Neuem in Wasser gelegt, vorzüglich gut in ganzer Länge sammt den zugehörigen Sehnenstreifen abfasern liessen. Das Verhalten derselben gegen Trypsinverdauung ist nur darin bemerkenswerth, dass das ganz unverdauliche Sarkolemm eine Muskelmasse einschliesst, welche je nach der Dauer der Alkoholwirkung schwer oder beinahe unverdaulich ist, während die hypolemmalen Nerven und deren Endknospen kaum resistenter gegen die Verdauung gefunden werden.

### 4. Erwärmtes und gesäuertes Sarkolemm.

*Kühne*'s Methode der Isolirung von Muskelfasern durch Verwandlung des Zwischenbindegewebes in Leim, beruht auf der Eigenschaft des Collagens nach vorgängigem schwachem Ansäuern, bei 35—40° C. in $H_2O$ löslich zu werden. Da das Sarkolemm dabei immer erhalten bleibt, so kann man schon nicht zweifeln, wie wenig dieses mit der leimgebenden Substanz gemein habe. Bekanntlich wird besonders solches Fleisch, dessen Fasern durch mässig entwickeltes Bindegewebe verbunden sind, bei Temperaturen, welche weit unter dem Siedepunkte und von dem der Hämoglobinzersetzung entfernt unter 60° C. liegen, mürbe und zart und um so besser, je mehr man, wie beim Braten, das Aussickern des Muskelserums verhindert. Ohne Zweifel hängt die hier erfolgende bis zur Auflösung und Leimbildung gehende Lockerung des Bindegewebes mit der durch die mässige Temperatur begünstigten Säuerung des Fleisches und mit der Vorbereitung des Bindegewebes durch die überall zwischen die Muskelfasern austretende Säure zusammen, während eine Quellung der Fleischfaser durch die grosse Concentration des sauren Saftes verhindert wird. Wirft man mit der Haut versehene, zum besseren Ausschlusse des Wassers durch einen unterbundenen, über-

schüssigen Hautlappen geschützte Froschschenkel, ähnlich wie es *Ranvier* empfohlen, in Wasser von 45—50° C., so findet man die weiss und undurchsichtig gewordenen, mässig erhärteten Muskelfasern nach dem Abkühlen durch geronnenen Leim verbunden und nur die compacteren und mit dem Fleisch nicht direct verbundenen Bindegewebsmassen weniger verändert. Solche Muskeln lassen sich durch Schütteln mit Wasser in ihre einzelnen Fasern zerlegen, ich fand es aber aus gleich anzugebenden Gründen für meine Zwecke besser, die Veränderung nicht so weit zu treiben, so dass sanftes Zerfasern mit Nadeln nothwendig blieb. Die durch Schütteln isolirten Fasern sind nämlich unzweifelhaft grösstentheils frei von Sarkolemm, und oberflächliche Untersuchung würde hier zu den gefährlichsten Irrthümern Anlass geben. Andrerseits sind die Präparate werthvoll, weil sie uns am Besten über Aussehen und Verhalten mässig erstarrter Muskelsubstanz, in welcher noch durch Alkohol und bei 75° C. gerinnende Albumine gelöst enthalten sind, ohne den Sarkolemmüberzug belehren; die bedeutende auf der körnigen Ausscheidung der Albuminate oder Globulinate durch die Säure und durch die Erwärmung beruhende Undurchsichtigkeit dieser Muskelfasern ist dabei nur vortheilhaft.

Anfänglich von dem Fehlen des Sarkolemms an den erwärmten Muskeln sehr überrascht, entdeckte ich den Grund davon, als ich einen so behandelten Sartorius durch zwei Querschnitte von seinen Sehnenden gänzlich befreite und darauf erst durch Schütteln zerfaserte. Jetzt fanden sich manche Muskelfasern ganz oder streckenweise mit dem Sarkolemm bekleidet und die letzteren zeigten ebenso wie die scheinbar garnicht davon bekleideten 1—3 sehr eigenthümliche, dicke Ringe, die ohne Umstände als das zurückgerollte Sarkolemm zu erkennen waren, weil jedes noch als Schlauch kenntliche Stück an einem Ende unmittelbar aus einem der Ringe hervorging (vergl. Fig. 12 und 13). Das Sarkolemm rollt also auf einer erstarrten Muskelfaser in Folge einer besonderen

Elasticität, die es vielleicht erst durch das Verfahren annimmt, so zurück, wie ein dünnwandiger Kautschukschlauch es zuweilen auf einer zu weiten Glasröhre thut und ich muss dazu bemerken, dass dies auf Muskelfasern geschieht, deren Länge und Dicke unverändert zu sein scheint oder deren Querschnitte sicher nicht zugenommen haben. Nur einmal entsinne ich mich etwas Aehnliches an der Faser eines 2 Stunden in Alkohol gelegten Sartorius gesehen zu haben.

Das unter den angegebenen Bedingungen veränderte Sarkolemm verhält sich auch gegen Trypsinverdauung anders. Aus zerfaserten Muskeln im Zusammenhange mit der Sehne, endständig an der Muskelfaser bis zum nächsten Rollringe, oder als mehr oder minder langes Zwischenstück, zwischen zwei Ringen erhalten, geht es in keinem Stadium der Verdauung in die schon beschriebene weite und faltige Sackform über, sondern es zerfällt und verschwindet ganz allmählich. Die Ringe bedürfen zur vollständigen Lösung je nach ihrer Dicke 20—24stündiger Verdauung; doch möchte ich darnach nicht behaupten, dass ihre Substanz schwerer löslich sei, als die der nicht erwärmten oder mit Alkohol behandelten, ungerollten Membran.

**5. Gekochtes Sarkolemm.**

Um den Einfluss der Temperaturerhöhung getrennt von dem der Säuerung untersuchen zu können, brachte ich lebende Muskeln direct oder nach dem Ausspannen, in Alkohol bis zur Härtung, wusch sie mit kaltem Wasser aus und kochte sie darauf im Probirröhrchen, wobei die gespannt gewesenen besonders stark schrumpften. Das Sarkolemm war an den daraus isolirten Muskelfasern leicht zu sehen und zeigte keine Neigung sich auf den verdickten Fasern umzurollen und Ringe zu bilden. Während der, wie es schien, weder beförderten noch verlangsamten Trypsinverdauung verschwand die Membran allmählich vor der Muskelsubstanz, ohne in irgend einem Stadium Neigung

zur Bildung faltiger, weniger elastischer Säcke verrathen zu haben.

Ein ganzer, in gleicher Weise behandelter Froschsartorius im Schälchen verdaut, hinterließ nach 3—4tägiger Behandlung sehr geringe Reste gestreifter Muskelsubstanz, an welcher ebenso wie an der nach den ersten 24 Stunden untersuchten nirgends mehr Spuren von Sarkolemm bemerkt werden konnten; zu dieser Zeit fehlte darin auch alles fibrilläre Bindegewebe.

### 6. Mit Säure behandeltes Sarkolemm.

Ein 24 Stunden in Alkohol gespannt gehaltener Froschsartorius wurde ausgewässert, einzelne Fasern daraus isolirt und diese 24 Stunden in HCl von 2 p. m. gelegt. Nachdem ich die Säure mit Wasser gut fortgewaschen hatte, war es wegen der Quellung schwer, das Sarkolemm daran zu erkennen. Mit alkalischer Trypsinlösung verdaut, zeigten die Fasern nur einmal (nach $2^1/_2$ Stunden) eine Stelle mit erweitertem und quergefaltetem Sarkolemm; nach 4—5 Stunden war an den nun geschrumpften Muskelfasern, die nach 22 Stunden noch einen beträchtlichen Rest hinterliessen, nichts mehr vom Sarkolemm zu sehen.

Einen anderen Sartorius stellte ich gespannt 24 Stunden in HCl von 2 p. m., darauf ebenso lange in absoluten Alkohol, wovon ich ihn durch Auswässern wieder befreite. Die mit Nadeln isolirten Fasern zeigten bei der Verdauung keine Elasticitätsänderung des Sarkolemms, sondern dasselbe ging einfach in Lösung, was nach 24 Stunden überall sicher und vollkommen erzielt wurde. Ich wage bei der durch die Quellung entstehenden Schwierigkeit der Präparation und Beobachtung dieser Muskelfasern nicht zu entscheiden, ob die Vorbereitung das Sarkolemm schwerer verdaulich macht, kann aber mit Sicherheit behaupten, dass Säuerung nicht das Umgekehrte bewirkt.

---

Nach dem Vorstehenden ist das Sarkolemm zweifellos aus in Trypsin vollkommen verdaulichen Substanzen zusammengesetzt, deren Verdaulichkeit weder durch Säuren und Erwärmen für sich noch durch Beides combinirt zunimmt, und durch Alkohol nicht, dagegen durch $OsO_4$ aufgehoben wird. Nur unvorbereitetes oder mit Alkohol behandeltes Sarkolemm zeigt vor der Auflösung durch Trypsin eine eigenthümliche Veränderung seiner Elasticität, die möglicherweise auf einer Quellung der Membran beruht.

Ich habe mich überzeugt, dass das in $OsO_4$ einmal unverdaulich gewordene Sarkolemm nachträglich durch Kochen oder durch Säurebehandlung (HCl 0,2 pCt.) der Trypsinwirkung nicht wieder zugänglich zu machen ist und darin ein gutes Mittel gefunden, es als Verdauungsrückstand zu erhalten, selbst nachdem das Collagen der Bindegewebsfibrillen, welche ja gewöhnlich den durch Verdauung unlöslichen Rest gemischter Gewebe bilden, verdaut worden. Die Fibrillen verlieren zwar durch genügende $OsO_4$-Wirkung das Vermögen in Essigsäure oder verdünnter HCl zu quellen, und sind durch das letztere Mittel aus $OsO_4$-Präparaten nicht wie sonst zu entfernen, wenn man dieselben später der Trypsinverdauung unterwirft, aber in kochendem Wasser schrumpfte ihr durch Säuren nicht mehr quellbares Collagen noch in bekannter Weise unter Verdickung zusammen und in diesem Zustande fand ich dasselbe, obschon schwerer, als die unvorbereitet gekochte Substanz, doch vollkommen in Trypsin verdaulich. Dies bezeichnet wiederum eine tiefere Verschiedenheit der Sarkolemmsubstanzen von derjenigen leimgebender Fibrillen, mittelst welcher es nun auch gelingt, das Sarkolemm durch Verdauung, also auf chemischem Wege vollkommen zu isoliren. Zu dem Ende habe ich sowohl den M. Sternoradialis des Frosches, wie kleine Fussmuskeln und das spitze Ende des Sartorius mit ihren Fasern erst in $OsO_4$; dann in Wasser, darauf in Alkohol, endlich wieder in Wasser verarbeitet und entweder kleine Fasergruppen daraus sammt den

zugehörigen Sehnenantheilen mit der Nadel isolirt, um sie auf dem Objectträger zu verdauen, oder die ganzen Präparate im Schälchen der Verdauung unterworfen, beide, nachdem sie zuletzt noch einmal aufgekocht waren. Die Alkoholbehandlung bewirkt dabei in der Regel bedeutende Verlangsamung der Muskelverdauung; indess ist dies ein Vortheil, weil man in Folge davon zuerst die nur vom Sarkolemm umkleideten Enden der Muskelfasern auftreten sieht, von welchen die Sehnenreste (Zellen und Häutchen) mit grosser Leichtigkeit durch Strömungen in der Flüssigkeit fortgeschwemmt werden. Dabei bin ich niemals einem nicht vom Sarkolemm überzogenen Muskelende begegnet, selbst an jenen breiten, am Ende mit kurzen lappigen Theilungen und zahlreichen Kernen versehenen Fasern nicht, welche von *Kühne*[1]) 1862 beschrieben und abgebildet und neuerdings von *Froriep* bestätigt wurden. Mit besonderer Sorgfalt habe ich die genannten Objecte auch auf ein in den Sehnen etwa vorkommendes Tendilemma einzelner Fascikel oder der in der Nähe des Muskels noch zu unterscheidenden Elementarsehnen untersucht, welches immerhin existiren könnte und mir nicht so unwahrscheinlich schien, nach Dem, was man von den Scheiden ganzer Sehnen, welche kürzlich *Lœwe* mit jenem Namen belegte, weiss; indess habe ich nichts der Art mit dem Sarkolemm verklebt finden können.

Im weiteren Verlaufe der Verdauung fand ich natürlich immer mehr völlig isolirte Sarkolemmhülsen und da dieselben eine gewisse Steifigkeit besassen, so präsentirten sie sich als zierliche, wenig abgeplattete Röhren. Gelegentlich habe ich dieselben wohl mit einigen queren Runzeln oder mit Knicken aller Art und mit Längsfalten zusammengefallen gesehen, aber wo ich durch die Herstellung des Objectes sicher war, nur unverletzte Muskel-

---

[1]) Vergl. *W. Kühne:* Ueber die peripherischen Endorgane u. s. w. Leipzig 1862 Taf. IV. Fig. XVI. A.

enden eingeführt zu haben, bin ich niemals längeren Strecken begegnet, die nicht am einen Ende höchst kenntlich blindsackförmig endeten. Ausserdem habe ich hinzuzufügen, dass ich an keinem meiner auf irgend welche Weise hergestellten Präparate im isolirten Sarkolemm jemals einen Kern beobachtet habe. Beiläufig ist des Umstandes zu gedenken, dass ich in allen Fällen die natürlichen Enden der Muskelfasern, sie mochten sichtbar geworden sein, wie sie wollten, durch Drehungs- und Einstellungsversuche von einer Seite meisselartig zugeschärft, also mit solchen Facetten versehen gefunden habe, wie sie *du Bois-Reymond*, wenn nicht als etwas Constantes, so doch als etwas sehr Häufiges beschrieben hat. Ich sah dies namentlich sehr ausgeprägt an Enden der Muskelsubstanz, die durch Verschieben zu einer freien Lage in einen der Muskelmitte näheren, mehr cylindrischen Antheil des Sarkolemmrohres gerathen waren. Nur für ganz spitz zulaufende, sehr schmale Muskelfasern dürfte dieses Verhalten nicht zutreffen oder zu schwer nachzuweisen sein.

Meine Beobachtungen lassen mich schliessen, dass ein continuirlicher Uebergang der Sehnenfibrillen zum Sarkolemm, den *Froriep* neuerdings wieder vertheidigt, durchaus nicht existirt, und nach der unumgänglichen Zurückweisung von *Froriep*'s Prämissen auch unmöglich ist. Die Abbildung l. c. Taf. XV Fig. 1 jenes Anatomen muss ich als die eines isolirten, an einem Ende in Längsfalten zusammengefallenen Sarkolemms auffassen. Wenn *Froriep* die Frage auch noch von der Seite anfasst, dass er das Sarkolemm für Bindegewebe erklärt, weil es durch Behandlung mit einer kochenden Lösung von Salicylsäure schliesslich gelöst werde, so muss ich dagegen geltend machen, dass diese Reaction den von *Ewald* und *Kühne* gefundenen Differenzen zwischen Collagen und Sarkolemm gegenüber, die ich nur bestätigen und erheblich vermehren konnte, hinfällig wird, abgesehen von dem Einwande, dass das Verhalten der Gewebe gegen längeres Sieden

mit Salicylsäure und Wasser im Allgemeinen noch gar nicht festgestellt ist. Um Missverständnissen vorzubeugen, denen die Deductionen *Froriep*'s sich aussetzten, muss ich auch bemerken, dass die chemische Gewebsanalyse die Frage, ob etwas Bindegewebe sei, nur in dem Falle zu beantworten vermag, wo damit einer der geformten chemischen Bestandtheile desselben gemeint ist, wenn ein solcher ausschliesslich im Bindegewebe vorkommt. Sie kann entscheiden, ob etwas collagen sei oder nicht, und weil man bis heute einen solchen Körper nur im Bindegewebe und nur in Gestalt von Fibrillen kennt, im bejahenden Falle den Nachweis des Bindegewebes führen, aber sie kann über die An- oder Abwesenheit eines bestimmten Gewebes nicht entscheiden, wenn z. B. Fett, Mucin, Mucinogen, Nucleïn oder nach Art der Albumine Verdauliches von ihr nachgewiesen wird. Das Vorstehende muss sich also bescheiden, die Frage, ob das Sarkolemm eine albuminöse Auflagerung aus dem Bindegewebe, oder etwas den Platten der Endothelien, die doch wahrlich zum Bindegewebe zählen, Zugehöriges, oder endlich eine Zellhaut von Muskelbildungszellen sei, unberührt zu lassen.

## II. Zur Verdauung des Bindegewebes.

Ohne dass es meine besondere Absicht gewesen wäre, musste ich bei den vorstehenden Versuchen auf das Verhalten der Sehne und des Bindegewebes während der Trypsinverdauung eingehen. Dabei wurden im Allgemeinen die Angaben von *Ewald* und *Kühne* bestätigt, und überdies die Verdaulichkeit der in $OsO_4$ und Alkohol gehärteten Fibrillen nach dem Kochen mit Wasser gefunden. Das letztere Verfahren ist zur Untersuchung sehr gemischter Gewebe, z. B. eines unzerfaserten Muskels vielleicht nicht sehr günstig, weil es nicht viel hilft, die Fibrillen zu entfernen, während von den Gefässen sehr viel, vermuthlich weil alle membranösen Zellbildungen dann ähnlich resistent, wie das Sarkolemm

werden, übrig bleibt. Für die Sehne aber, wo man ausser den Fibrillen gern nichts entfernt, leistet es Vorzügliches und es gelang mir damit sehr gut von den Sehnenzellen Das zu isoliren, was man als ihre Grundmembran bezeichnen müsste. Ich kann nur soweit auf den Gegenstand eingehen, als zur Empfehlung der Methode wünschenswerth ist und unter Hinweis auf meine Abbildungen Taf. II. Fig. 8 hervorheben, dass ich jene Gebilde sowohl zu Reihen und breiteren flachen Gruppen angeordnet, wie vollkommen isolirt erhalten habe. Durch die $OsO_4$ waren dieselben auch ziemlich dunkelgrau tingirt. Um die Reste der Sehnenzellen, denen vermuthlich wegen der alkalischen Verdauung keine deutlichen Kerne mehr verblieben, in der natürlichen Anordnung zu erhalten, muss ich empfehlen, die durch die Vorbehandlung geschrumpfte Sehne von den Zehen des Frosches oder aus dem Mauseschwanze, mit zwei Menschenhaaren mässig gespannt, unter dem Deckglase während der Verdauung zu befestigen, worauf die Zellreste in untadelhafter Ordnung aufgereiht zurückbleiben, bei den Mäusesehnen namentlich sehr bestimmt umschlossen von einem glatten Tendilemm, in welchem ich an vielen Stellen fast rechtwinklig zur Längsaxe gestellte, längliche Zellreste (Kerne?), welche mir dieser Scheide ausschliesslich anzugehören scheinen, bemerkte. Ueberraschend prächtig kommt aus der Sehne des M. Sternoradialis vom Frosche der *Rollett*'sche Nerv mit seiner gesammten für die Endigung genommenen, wunderbaren peripherischen Ausstrahlung versehen, isolirt zum Vorschein, hinsichtlich welcher ich mich auf die Abbildung Fig. 7 u. 7 a beziehe. Da die Darstellungsmethode die Axencylinder nicht unverdaulich macht, dürften die abgebildeten, fast unzerstörbaren und wie die Reste der Sehnenzellen nicht durch Essigsäure und kaum durch starke Natronlauge veränderlichen Formen mehr für Ausläufer der Nervenscheiden, als für solche des Axencylinders zu halten sein.

## III. Zur Histochemie der Membranae propriae und der Glashäute.

Hatte die Untersuchung des Sarkolemms und endothelialer Zellplatten mittelst der Verdauungsmethode deren vollkommene Verschiedenheit von der collagenen Fibrille ergeben, so lag doch in dem Schwinden der Verdaulichkeit durch die Wirkung der $OsO_4$ ein Hinweis, jene Häute wieder von den albuminösen Bestandtheilen des Zellprotoplasma und der Muskelsubstanz zu trennen. Von zelligen Gebilden schienen mir nur die rothen Froschblutkörperchen in den Gefässen dem Trypsin zu widerstehen, wenn einmal $OsO_4$ auf sie gewirkt hatte, und in diesem Falle sah ich dieselben auch nach dem Kochen in sehr lange verdauten Präparaten noch scharf und intensiv bräunlich gefärbt. Um die Stellung des Sarkolemms und, wie hinzuzufügen ist, des davon durch unsere Methoden nicht zu unterscheidenden membranösen Antheiles der *Schwann*'schen Nervenscheide unter ähnlichen Häuten verschiedener Herkunft kennen zu lernen, habe ich die Membranae propriae der Harnkanälchen, der Magendrüsen und des Pankreas sowie die vordere Linsenkapsel untersucht.

Die vordere Linsenkapsel des Schweineauges wurde in Trypsinlösung nach 2—3 Stunden bis zum Verschwinden weich und durchsichtig und war dann nach 24 Stunden vollkommen verschwunden. Zuvor kurz mit Alkohol behandelt fand ich sie schon nach 6 Stunden gänzlich verdaut, während sie nach achttägigem Liegen in Alkohol nach 12 Stunden fast, nach 20 Stunden mit Hinterlassung eines äusserst geringen flockigen Restes gelöst wurde. Ein während 18 Stunden in $OsO_4$ von 1 p. Ct. braun gewordenes Stück der Kapsel mit $H_2O$ gewaschen, 24 Stunden in Alkohol gelegt, wieder gewaschen und mit Trypsin behandelt zeigte sich nach 6 Stunden unverändert, nach 24 Stunden fast gänzlich zergangen, während ein anderes, nur länger in

Alkohol gelegtes Stück überhaupt nicht verdaut, sondern nur weicher und zu einer weissen, entbräunten Masse umgewandelt wurde. Hiernach scheint das Verhalten dem des Sarkolemms zwar ähnlich, aber doch nicht ganz damit übereinstimmend zu sein.

An den Harnkanälchen der Kaninchenniere fand ich die Verdaulichkeit der M. propria im Ganzen gering und es begegnete mir dabei Nichts, was auf Verschiedenheiten der die gewundenen, die schleifenförmigen oder die Sammelröhren bekleidenden Strecken gedeutet hätte. Zerzupfte Schnitte in Alkohol gehärteter Nieren bildeten für die Verdauung unter dem Deckelglase ein leidlich sauberes und übersichtliches Object. Die Propria zeigte im Anfange der Digestion keine Umwandlung zu erweiterten, faltigen Scheiden, sondern verschwand einfach streckenweise und erst nach drei Tagen gänzlich, während die Epithelien der Harnkanälchen noch erhalten waren. Dagegen habe ich vor vollendeter Verdauung zuweilen jene an die Elasticitätsänderung des Sarkolemms erinnernden, sackartigen Erweiterungen beobachtet an Nieren, welche nur mit verdünntem Alkohol (1 Theil auf 2 Theile $H_2O$) gelegen hatten (vergl. Fig. 14). In mässig verdünnter HCl (1 Vol. HCl, 3 Vol. $H_2O$, spec. Gew. = 1,040) macerirte Nieren lieferten auf lange Strecken vortrefflich isolirte Harnkanälchen mit überaus deutlicher M. propria, die jedoch gerade so langsam verdaulich, wie die der Alkoholpräparate war. Zur Entfernung der Säure mussten dieselben indess vorher mit Alkohol und Wasser gründlich gespült werden. $OsO_4$ verwandelte die M. propria der Harnkanälchen fast unter allen Umständen in eine tagelanger Trypsinverdauung gänzlich widerstehende Masse. In einigen Fällen aber habe ich bemerkt, daß die zuvor mit mässig verdünnter Salzsäure macerirte, darauf mit Alkohol und Wasser gewaschene Membran durch die $OsO_4$ nicht vollkommen unlöslich wurde.

Die Membrana propria des Pankreas wurde untersucht,

indem ich die Duodenalschlinge des Kaninchens mit dem das Pankreas enthaltenden Mesenterium lebenswarm sogleich unter Alkohol ausspannte, die flache, gehärtete Drüse mit Aether entfettete und einzelne vom Mesenterium umgebene Stückchen der Verdauung unterwarf. Es pflegte 24-stündige Digestion zu erfordern, bis man in dem reichlichen Ueberzuge von Bindegewebsfibrillen entscheiden konnte, dass die Drüsenmembran verschwunden sei. Scharf liess sich dies entscheiden, nachdem die Präparate einmal mit $H_2O$ aufgekocht worden, weil dann die Drüsenränder bald vollkommen frei wurden; ich habe die Membran darauf erst nach 24 Stunden überall vermisst. Durch $OsO_4$ wird diese Verdaulichkeit fast ganz aufgehoben und es ist überraschend zu sehen, wie lange darnach auch die Zellen der Drüse widerstandsfähig gegen Trypsin bleiben. Dasselbe gilt für die in den Gefäßen befindlichen, stark gebräunten Blutkörperchen des Kaninchens. In den meisten Fällen gelang es hier nicht, die Propria verschwinden zu lassen, aber in einzelnen war mir deren Auflösung nach 3—4-tägiger Digestion unzweifelhaft.

M. propria der Fundusdrüsen des Kaninchenmagens. Die Magenschleimhaut wurde sogleich oberflächlich gereinigt, in Alkohol gehärtet und zum Gebrauche jedesmal ein Stückchen gewässert und zerzupft. Hier zeigte sich im Anfange der Trypsinverdauung immer die vom Sarkolemm beschriebene Umwandlung der Drüsenhaut in eine weitere, mit Querfalten versehene Scheide (Fig. 15), in welcher sich alsbald garkeine Hauptzellen, aber selbst nach sehr langer Digestion sämmtliche Belegzellen kaum verändert vorfanden. Die Propria wurde allmählich angegriffen und gelöst; doch erforderte es mindestens fünftägige Digestion um sie nahezu vollständig schwinden zu lassen. Aus der frischen, nicht mit Alkohol behandelten und nur mit $H_2O$ gespülten Schleimhaut erhaltene Objecte zeigten die Propria für alkalisirtes Trypsin bedeutend angreifbarer. Dieselbe ging sehr

rasch in die erweiterten, weniger elastischen Formen über und löste sich nach 6—8 Stunden zum grössten Theile, nach zwei Tagen vollständig auf, unter Hinterlassung der ausserordentlich verkleinerten und leicht in sehr deutliche Körnchen zerfallenden Belegzellen. In einfach gekochten oder nach Alkoholbehandlung gekochten Magenschleimhäuten fand ich die Propria wohl durch Trypsin verdaulich, jedoch vor der Auflösung nicht in der Elasticität verändert. Die Belegzellen der gekochten Präparate wurden nach der Trypsinverdauung ebenfalls ohne die Hauptzellen und sehr verkleinert, aber nicht leicht durch Druck zerfallend gefunden. $OsO_4$ für sich, auch vor oder nach der Alkoholbehandlung angewendet, hebt die Verdaulichkeit der Drüsenmembran in Trypsin vollkommen auf, ebenso die der mit dem ursprünglichen Volum sich erhaltenden Belegzellen, deren Körnchen tief gebräunt erscheinen. Kocht man in $OsO_4$ gelegene Stückchen der Magenschleimhaut mit Wasser, so liefert die Trypsinverdauung, wegen der vollkommenen Auflösung alles collagenen Zwischengewebes, prachtvoll isolirte Drüsenschläuche, in denen sich nichts findet, als die, wie es scheint, noch am ursprünglichen Platze klebenden Belegzellen, zwischen welchen sich keine Spur der Hauptzellen mehr befindet.

Ich ziehe aus dem gefundenen Verhalten der Membranae propriae den Schluss, dass dieselben dem Sarkolemm hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung sehr nahe stehen und sich von demselben vorzugsweise durch schwerere Verdaulichkeit in neutralen oder schwach alkalischen Trypsinlösungen unterscheiden.

## Erklärung von Tafel II.

Alle Zeichnungen sind mit dem Zeichnenprisma copirt.

Fig. 1. Muskelfaser vom Frosch, nach Behandlung mit Alkohol zwei Stunden mit alkalischer Trypsinlösung verdaut. *Hartnack* VII. 3. Das Sarkolemm ist aufgelockert.

Fig. 2. Muskelfaser vom Frosche mit natürlichem Ende der Muskelsubstanz, des Sarkolemms und mit dem natürlichen Ansatze der Sehnenfibrillen. Behandlung wie bei Fig. 1, aber nach nur einstündiger Verdauung.

Fig. 3. Reste einer Muskelfaser mit Sehnenansatz, nach Behandlung mit $OsO_4$, Alkohol und 21 stündiger alkalischer Trypsinverdauung. V. 3.

Fig. 4. Froschmuskelfaser mit $OsO_4$, Alkohol und vierstündiger alkalischer Trypsinverdauung behandelt. *a* noch ungelöster Rückstand der Muskelsubstanz, *b* Sarkolemm, *c* epilemmaler Nerv, dessen Mark durch $OsO_4$ grau gefärbt ist, mit erhaltener *Schwann*'scher Scheide. VII. 3.

Fig. 5. Wie Fig. 4 nach 21 stündiger Verdauung erhalten. Die Kerne der *Schwann*'schen Scheide sind sichtbar.

Fig. 6. Wie Fig. 4 und 5 nach 20 stündiger Verdauung in sehr schwacher Trypsinlösung erhalten.

Fig. 7. Reste der *Rollett*'schen Nervenendigung der Sehne des M. Sternoradialis vom Frosche, durch Behandlung mit $OsO_4$, Alkohol, Kochen mit Wasser und Trypsinverdauung erhalten.

Fig. 7a. Vereinzeltes Gebilde gleicher Art in demselben Präparate gefunden. VIII. 3.

Fig. 8. Plättchen der Sehnenzellen des Frosches, als unverdaulicher Rückstand isolirt erhalten durch Behandlung mit $OsO_4$, Alkohol, Kochen und Trypsin. VIII. 3.

Fig. 9. Faser aus dem M. Sartorius mit Sarkolemmaring (wie Fig. 10—13) von einem auf 45° C. erwärmten Frosche. V. 3.

Fig. 10. Wie Fig. 9. Das Sarkolemm ist nur zum Theil zum Ringe zusammengerollt.

Fig. 11. Muskelfaser mit zwei Sarkolemmringen.

Fig. 12. Isolirte Muskelfaser vom M. Sartorius, zum grössten Theile aus dem Sarkolemm, das mit dem Sehnenansatze leer zurückgeblieben, hervorgezogen; bei *a* ist das Sarkolemm abgerissen und zum Ringe zurückgerollt. Schwache Vergrösserung. II. 3.

Fig. 13. Natürliches Muskelende innerhalb des Sarkolemms durch Ziehen verschoben. V. 3.

Fig. 14. Harnkanälchen der Kaninchenniere, nach Alkoholbehandlung drei Tage alkalischer Trypsinverdauung unterworfen. Die M. propria ist auffallend erweitert. VIII. 3.

Fig. 15. Isolirte Labdrüse des Kaninchenmagens, nach Alkoholbehandlung mit alkalischer Trypsinlösung verdaut. M. propria und nur die Belegzellen erhalten. VIII. 3.

Fig. 16. Dasselbe wie in Fig. 15, nach $OsO_4$, Alkoholbehandlung, Kochen und tagelanger Trypsinverdauung erhalten.

---

# Notiz über die Netzhautfarbe belichteter menschlicher Augen.

Am 19. März d. J. erhielt ich ein in Eis dunkel verpacktes menschliches Augenpaar, von folgendem Verhalten. Bulbi noch recht gespannt, Cornea schwach getrübt, Iris von mässig dunkler Farbe; mit der Pupille gegen die Natronflamme gewendet, lassen die Augen nur am Orte des kurz abgeschnittenen Sehnerven Licht durchscheinen.

Erstes Auge, vor Natronlicht eröffnet. Der Glaskörper ist überall leicht zu entfernen. Am Tageslichte ist in dem in Salzwasser gelegenen Augengrunde die Fovea als kleines, fast schwarzes Pünktchen zu erkennen, in deren Umkreise die Macula etwas trüber, als die übrige Retina ist; eine plica centralis oder andere Falten sind nicht zu sehen. Die Netzhaut ist nach Umstechung der Papille sehr leicht ohne Risse abzuheben; wobei die Fovea hell, die Macula gelb hervortritt. Etwa im Horizont ist die Netzhaut frei von Epithel und Pigment, nach oben und unten mit einem gelbbräunlichen Anfluge vereinzelt und weit auseinander stehender Epithelzellen bedeckt, welche sich später mit der Stäbchenschicht gemeinsam, als besondere Membran abheben, worin die Stäbchen bereits zu Ringen verkrümmt erscheinen. Wo das Epithelpigment die Farbe nicht bräunlich macht, ist die hintere Netzhautfläche trotz der Präparation am gedämpften Tageslichte (Morgens 10 Uhr) rosachamois.

Im andern Auge ist die Fovea schon am Natronlichte in situ deutlich zu erkennen. Die nach der Isolirung erst ins Tageslicht gebrachte Netzhaut ist erheblich intensiver rosa gefärbt, als die vorige; das Pigmentepithel haftet ähnlich, nur in etwas grösserer Menge an der Nasenseite; auch hier ist der Horizont davon ganz frei, mit Ausnahme des Antheiles in der Macula, wo dunkles Pigment in radiären Streifen angeordnet haftet. Beide Retinae werden an gutem Lichte schmutzig gelb, nicht farblos; doch scheint die Farbe nicht von Sehgelb, sondern mehr von verstreutem Epithelpigment herzurühren. Die Augengründe sind nach Entfernung der Netzhaut sehr dunkel, am dunkelsten in der Gegend der Macula, wo der Ort der Fovea durch Pigmentirung jedoch nicht weiter ausgezeichnet ist.

Ueber das Herkommen der Augen wird mir berichtet: Patientin 28 Jahre alt; hochgradiger Blödsinn, Anämie und bedeutende einfache Atrophie des Gehirns mit Oedem. Tod an Lungen- und Darmtuberculose den 9. März, 11 Uhr Morg., nachdem Patientin eine Stunde zuvor und bis zum letzten Athemzuge mit weit geöffneten Augen und dann stets sehr weiten Pupillen, gegen das Licht gesehen hatte. Das Sterbezimmer erhielt Licht durch ein mit Drahtgitter versehenes Fenster von 116 cm. Höhe und 84 cm. Breite, dem gegenüber das Bett 4 Met. entfernt stand. Von 10 Uhr bis zum Tode schien directes Sonnenlicht auf das Bett bis zur Leibeshöhe, nicht bis ans Kopfende. Nach dem Tode wurden die Augen sogleich vor Licht geschützt, später bei schwachem Kerzenlicht exstirpirt und in einem schwarzen, von Eis umgebenen Glase verwahrt.

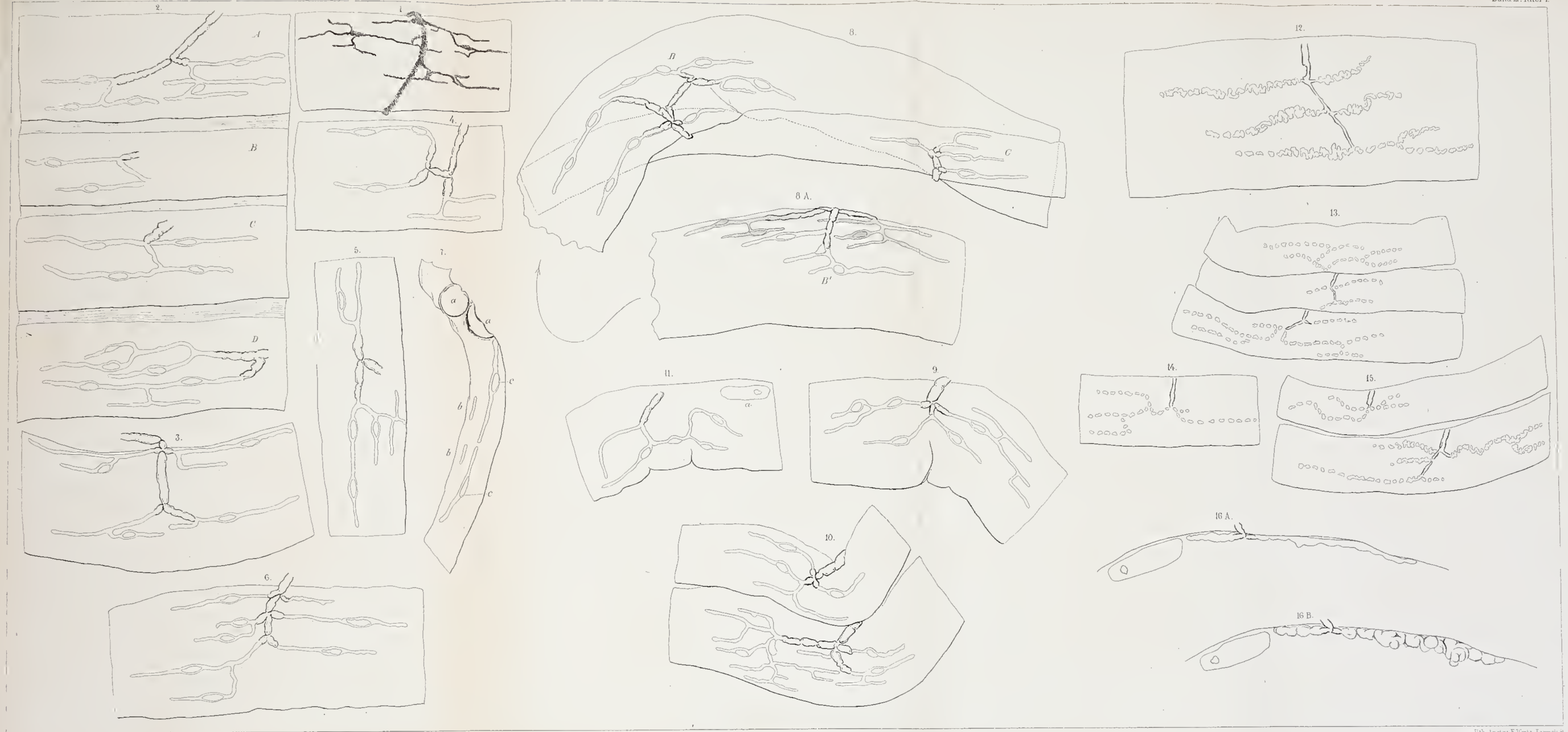
Der vorstehende Befund ist ein neuer Beleg für die beträchtliche Belichtung, welche das lebende menschliche Auge verträgt, ohne des Sehpurpurs beraubt zu werden [1]), was nur aus einer beim Menschen besonders kräftigen Regeneration erklärbar scheint.

Heidelberg, 16. Mai 1879. *W. K.*

---

[1]) In Uebereinstimmung hiermit sind die im Journ. of Physiol. Vol. II. S. 30 u. 40 mitgetheilten Befunde von Sehpurpur in der Netzhaut zweier menschlicher Augen, die ohne jeden Lichtschutz enucleïrt wurden, nachdem die Patienten längere Zeit im Licht verweilt hatten. In beiden Fällen war zwar die Cornea getrübt, aber gute Lichtempfindung vorhanden.

Dass der bekannte Fall, in welchem *Michel* den Sehpurpur vermisste und den ich wegen der jede Täuschung abwehrenden Darstellung *Michel's* lange gern für besser untersucht gehalten habe, als er es in Wirklichkeit gewesen sein kann, nichts gegen die jetzt so zahlreichen Constatirungen des Sehpurpurs in der menschlichen Netzhaut beweist, sondern nur durch einen Irrthum der Beobachter erklärlich wird, dürfte jetzt allgemein anerkannt sein.




Kühne del.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt